



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio utilizando endocarpio de coco (*Cocos nucifera*) para la remoción de cromo (VI) y DQO de efluentes emitidos por una curtiembre”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Teófilo Yamir, Milian Santa Cruz (ORCID: 0000-0002-4645-9146)

ASESOR:

Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedicado de manera especial a mis padres Ever y Angélica quien son mí motivo, e inspiración principal de mi trayectoria de mi vida profesional.

A mi hermano, tíos, primos y amigos por ser parte de este intrincado camino.

Agradecimientos

En primer lugar dar gracias a Dios por bendecirme y protegerme, a mis padres Ever Milian y Angélica Santa Cruz y a mi hermano por su apoyo incondicional, por ayudarme a cumplir mis metas y por enseñarme a confiar en Dios. También agradezco especialmente a mi primo Jhustyn Abanto Santa Cruz por ser el ejemplo de seguir adelante y a mis abuelos y tíos por su cariño y amor.

A la Mg. Cabellos Torres Rita Jaqueline por toda la enseñanza, adecuación que me ha brindado, por las palabras de ánimo y aliento. En especial por brindarme la oportunidad de ser mi asesora de tesis y aprender de ella.

Gracias al ingeniero quien me brindó la oportunidad de desarrollar el muestro en su planta de curtiembre y a los trabajadores quienes me ayudaron a conseguir el efluente del proceso de curtido para el estudio de investigación.

Agradezco a mis amigos por su incondicional amistad y apoyo durante la trayectoria de la carrera universitaria.

Página del Jurado


 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---


El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **Teofilo Yamir Milian Santa Cruz** cuyo título es:

“Sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio utilizando endocarpio de coco (*Cocos nucifera*) para la remoción de Cromo (VI) y DQO de efluentes emitidos por una curtiembre”

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (número) QUINCE (letras).

Lima, 09 de diciembre del 2019.


.....
Dr. Fernando Antonio Sernaque Aucchuasi
PRESIDENTE


.....
Mg. César Francisco Honores Balcazar
SECRETARIO


.....
Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres
VOCAL


Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Declaratoria de autenticidad

Yo, **Teofilo Yamir Milian Santa Cruz** con DNI N°74637339 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda documentación que acompaño es veraz y autentica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de diciembre del 2019



Teofilo Yamir Milian Santa Cruz
DNI: 74637339

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	vii
Índice de diagramas.....	vii
Índice de mapa.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Método	10
2.1. Tipo y diseño de Investigación	10
2.2. Operacionalización de las variables	10
2.3. Población y muestra y muestreo	13
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	14
2.5. Procedimiento	15
2.6. Métodos de análisis de datos	21
2.7. Aspectos éticos	22
III. Resultados	22
IV. Discusión	34
V. Conclusiones	36
VI. Referencias	37
VII. Anexos	43

Índice de tablas

Tabla N° 1. Matiz de operacionalización de las variables de la investigación.....	12
Tabla N° 2. Medidas del sistema de electrocoagulación.....	15
Tabla N° 3. Medidas del filtro rotatorio.....	16
Tabla N° 4. Equipos de laboratorio de biotecnología.....	20
Tabla N° 5. Comparación de datos de Muestras y VMA.....	23
Tabla N° 6. Resultados de remoción de Cromo VI y DQO mediante Electrocoagulación.....	23
Tabla N° 7. Resultados de remoción de Cromo VI y DQO complementario mediante filtro rotatorio de Endocarpio de Coco.....	24
Tabla N° 8. Remoción de Cromo VI y DQO mediante la aplicación de 5g de endocarpio.....	25
Tabla N° 9. Remoción de Cromo VI y DQO mediante la aplicación de 10g de endocarpio.....	25
Tabla N° 10. Análisis de Varianza de remoción de DQO mediante electrocoagulación.....	26
Tabla N° 11. Análisis de Varianza de remoción de Cr (VI) mediante electrocoagulación.....	26
Tabla N° 12. Análisis de Varianza para % Remoción de DQO.....	28
Tabla N° 13. Análisis de Varianza para % Remoción de Cr VI Análisis de Varianza.....	29
Tabla N° 14. Ajuste de los modelos cinéticos pseudo primer y segundo orden.....	32
Tabla N° 15. Matiz de operacionalización de las variables de la investigación.....	44

Índice de figuras

Figura N° 1. Reactor de tipo flujo.....	5
Figura N° 2. Adsorción.....	7
Figura N° 3. Adsorción y absorción.....	7
Figura N° 4. Vinculación entre variables.....	10
Figura N° 5. Celda reactiva de Electrocoagulación.....	15
Figura N° 6. Celda reactiva del filtro rotatorio.....	16
Figura N° 7. Superficie de respuesta remoción de DQO.....	27
Figura N° 8. Superficie de respuesta de remoción de Cr VI.....	28
Figura N° 9. Superficie de respuesta de remoción de DQO.....	29
Figura N° 10. Superficie de respuesta de remoción de Cr VI.....	30
Figura N° 11. Velocidad de adsorción de Cr (VI) y DQO.....	30
Figura N° 12. Relación del tiempo con el pH y Conductividad Eléctrica y Turbidez.....	31
Figura N° 13. <i>pseudo primer orden - pseudo segundo orden</i>	33

Índice de diagramas

Diagrama N° 1 Proceso de curtido de pieles.....	4
Diagrama N° 2. Etapas del desarrollo del proyecto.....	14

Índice de mapa

Mapa N° 1. Área de muestreo de la Industria de Curtiembre.....	13
---	----

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo Evaluar la máxima remoción de cromo (VI) y DQO mediante el sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco del efluente emitido por una curtiembre, Distrito de San Juan de Lurigancho en Lima. Los parámetros a evaluar fueron cromo hexavalente y demanda química de oxígeno mediante los métodos de electrocoagulación se tuvo como factores al tiempo, amperaje y pH con niveles de 40, 60 y 80 min. 3,4 y 5A en el pH fueron 3, 4 y 5, las placas utilizadas en el tratamiento del efluente fueron fierro y acero inoxidable. En el proceso de filtración las variables fueron Tiempo, Dosis y pH con niveles de 40,60 y 80 min, 5, 10, 15g y 3, 4 y 5 pH, se utilizó como adsorbente carbón activado de endocarpio de coco. Se utilizó la metodología de Box-Behnken, para la optimización. Los resultados obtenidos indican que los parámetro que más eficientes es de obtenidos indican que en los parámetros que más afectaron fueron de 60 minutos, 5 amperios y pH 3 en el proceso de electrocoagulación teniendo una máxima remoción de 96.4% DE Cr (VI) y 66.42% de DQO. En el proceso de filtración mostro que la eliminación más eficiente resulto con los parámetros de 80 min, 5 gramos a un pH 4 que se obtuvo una remoción de 94.8 % Cr (VI) y 84.81% en DQO. Se encontró que el sistema combinado de electrocoagulación y filtro de endocarpio de coco es relativamente eficiente y mucho más rápido que las técnicas convencionales existentes.

Palabras Claves: Electrocoagulación, adsorción, carbón activado, efluente, Cromo hexavalente, DQO.

ABSTRACT

The present work aims to evaluate the maximum removal of chromium (VI) and COD by means of the combined system of electrocoagulation and rotary filter of coconut endocarp of the effluent emitted by a tannery, San Juan of Lurigancho District in Lima. The parameters to be evaluated were hexavalent chromium and chemical oxygen demand using electrocoagulation methods were factors such as time, amperage and pH with levels of 40, 60 and 80 min. 3,4 and 5A in the pH were 3, 4 and 5, the plates used in the treatment of the effluent were iron and stainless steel. In the filtration process the variables were Time, Dose and pH with levels of 40.60 and 80 min, 5, 10, 15g and 3, 4 and 5 pH, activated carbon of coconut endocarp was used as adsorbent. The Box-Behnken methodology was used for optimization. The results obtained indicate that the parameters that are most efficient are those obtained indicate that in the parameters that most affected were 60 minutes, 5 amps and pH 3 in the electrocoagulation process having a maximum removal of 96.4% DE Cr (VI) and 66.42 COD%. In the filtration process, the most efficient elimination resulted in the parameters of 80 min, 5 grams at pH 4, which resulted in a removal of 94.8% Cr (VI) and 84.81% in COD. It was found that the combined system of electrocoagulation and coconut endocarp filter is relatively efficient and much faster than existing conventional techniques.

Keywords: Electrocoagulation, adsorption, activated carbon, effluent, Hexavalent chromium,COD.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias de curtiembre se encuentran en una posición destacada a nivel internacional debido a su alta demanda de producción. Sin embargo es una de las industrias que genera una diversidad de impactos negativos ambientales y sociales productos de los metales pesados (Gasemloo et al., 2018, p. 2, Bagheri et al., 2018 & Ye et al., 2017). Actualmente el 80% de las aguas residuales industriales del mundo son vertidas directamente al ambiente sin un previo tratamiento adecuado (Hussin et al., 2019, p. 1). Otro de los principales problemas es la informalidad de las industrias de cuerdo, ya que no cuentan con una fiscalización ni control por parte de los organismos del estado para el cumplimiento de las normas.

Dichas empresas se caracterizan por ser una de las industrias que generan mayor contaminación, debido a que para procesar la materia prima se usa 6000 m³ día por cada 45000 kg de piel. (Bernadete et al., 2019, p. 655). Estos efluentes generalmente tienen un alto contenido de contaminantes: cromo, sólidos suspendidos, sales ácidos, base, solventes y colorantes. (Gasemloo et al., 2018 y Bernadete et al., 2019, p. 655).

El vertimiento las aguas resultantes de los procesos genera un gran impacto negativo a los cuerpos receptores, y consecuencias irreparables a la flora y fauna acuática y deterioro del suelo como también a los humanos. (Guimarães et al., 2018, p. 1441). Las altas concentraciones de metales pesados causar graves problemas de salud llegando a provocar asta hasta la muerte. (Whitehead et al., 2019, p. 2 y Dashtian et al., 2016, p. 2).

El Cr (III) y Cr (VI) en procesos industriales, pueden causar contaminación ambiental rigurosa si no se trata, es un elemento altamente toxico, se encuentran mayormente en los procesos que se realizan. En las fuentes hídricas tanto como superficiales y subterráneas ya que tiene una elevada proporción de solubilidad en el recurso agua. (Zhenxiong et al., 2019, p. 2. Petala et al., 2013 y Xiao et al., 2018).

Es por ello que se ha empleado distintos tipos de tratamiento para las aguas industriales de curtiembre algunos de ellos son los procesos químicos y biológicos (membranas, tecnología biológica, electroquímica, membranas POAS y la adsorción) con la finalidad tratar el efluente con metales pesados, materia orgánica y los parámetros fisicoquímicos del agua. (Gillpavas et al., 2019, p. 552 y Ye et al., 2017, p. 3).

La electrocoagulación (EC), es un método que emplea corriente eléctrica por medio de placas metálicas para la eliminación de impurezas de las aguas residuales, generando un

desequilibrio a los contaminantes que se hallan en el agua, ya se precipiten o se suspendan. (Ammar et al., 2019, p. 3 y Nuñez et al., 2019, p. 5).

Las ventajas de la EC, es la abundante remoción de contaminantes químicos y partículas más diminutas que se encuentran en el agua, la cual produce efluentes con menor carga de sólidos totales suspendidos, llegando a reducir la contaminación de los cuerpos receptores, es fácil de manejar el sistema operativo y el costo son menores a los tratamientos convencionales. (Camargo, 2015, p. 12).

Las limitaciones de la electrocoagulación es la generación de elevada concentración de lodos con cargar de metal esto se debe al desgaste y renovación de los electrodos de sacrificio, de la misma manera no es eficiente con la remoción de DBO soluble e ineficaz en el tratamiento de tintes textil y no remueve bacterias. (Donneys et al., 2018, p. 2).

Los efluentes de las industrias de curtiembre son arrojados directamente al sistema de alcantarillado, conteniendo una elevada concentración de cromo y materia orgánica, colorantes entre otros contaminantes, debido a eso se realizase un tratamiento previo del efluente, es por esto que esta investigación se realizara un tratamiento mediante electrocoagulación ya que según los antecedentes de investigaciones realizadas indican que este método eficiente genera una remoción de 90% hasta 96% de Cr (VI), (Cheballah et al., 2015, p. 96 y Elabbas et al., 2015, p. 13). La cual se indica que aún se identifica presencia contaminante, por lo cual es necesario realizar un proceso complementario, aplicando el método de adsorción ya que resulta ser una técnica complementaria adecuada de manera que se pueda reducir el cromo y materia orgánica como también el pH, DQO de manera significativa (Lesaoana et al., 2019, p. 10 y Ouaisa et al., 2012, p. 99).

A continuación, se presenta algunos estudios previa relación al trabajo de investigación a realizar. El tratamiento de aguas textiles mediante electrocoagulación combinado con fentón y adsorción con carbón activo para remover materia orgánica, volumen de tratamiento fue de 100 ml a 35C°, las placas fueron Fe , el pH 7 fue constante, con una agitación de 60 rpm, a 60 min, el adsorbente fue CA después del proceso de EC, se trabajó de 0 a 30 V y de 0-5 A. los resultados fueron: pH 8.2 al finalizar el proceso de EC y un pH 6.5 después de realizar el proceso mediante carbón activado , con una conductividad electrica de 5.1 mS/cm a tener una remoción de DQO 56% ,en DBO5 se removió en un 52%, de igual manera en el TOC 81.4% y en SST un 98%. (Gilpavas et al., 2019, p. 4).

Anteriormente se han aplicado procesos híbridos de electrocoagulación y electrodiálisis para remover Cromo, DQO, $\text{NH}_3\text{-N}$ y color en los efluentes de curtumbre, se trató 2.5L a nivel de laboratorio, las variables que tuvieron como prioridad fueron la intensidad de corriente y el tiempo. Se utilizó 5 electrodos de aluminio separados 0.7 cm de distancia, con un potencial de 14 mA a 125 min, llegando a tener una eficiencia de eliminación de Cr en un 60% DQO 73%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 100%, Color 85% y el nivel de conductividad eléctrica aumento de 53 a 73%. (Deghles y Kurt, 2016, p. 45).

Cheballah et al., (2015), eliminó el cromo hexavalente y la DQO de las aguas residuales industriales mediante EC utilizando placas de Fe y Al y se trató 3L del efluente, de esta forma removió el 98% de Cr VI y el 95.95% de DQO después del proceso de secuenciación de 30 minutos con (100, 150, 200 A / m^2), en pH 3.5 y 7. (p. 96), mientras que Ouaisa et al., (2012, p. 99) aplicaron un método compuesto de la electrocoagulación y adsorción utilizando CA para remover Cr hexavalente y DQO. El efluente de curtiembre en tratamiento fue de 500 ml, se utilizó placas de Al como ánodo y cátodo a una intensidad de corriente intensidad 1.5 A, a este proceso se añadieron 0,5 g de CA a la celda de la electrocoagulación se agito a velocidad de 400 rpm logrando una remoción de Cr (VI) del 92%, turbidez 96.1% el DQO 80%.

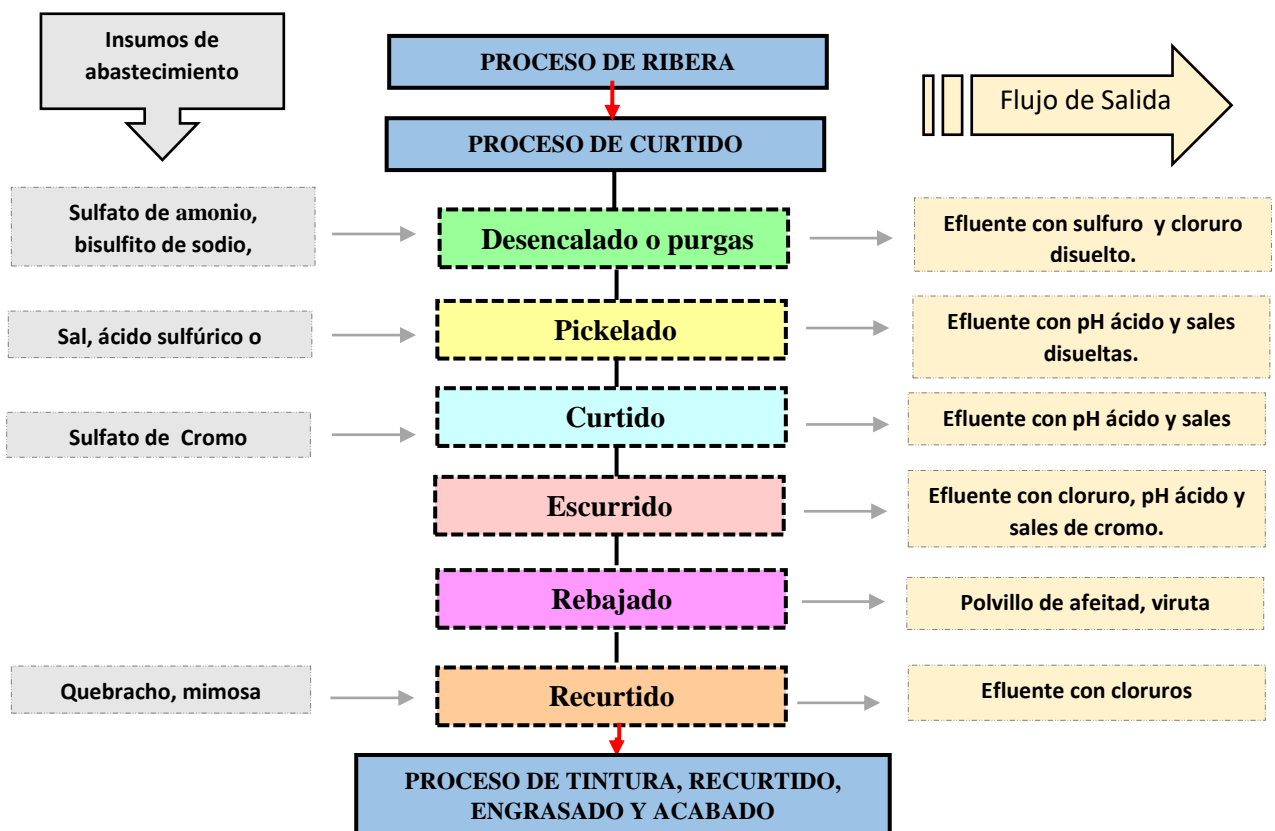
También se han probado sistemas que han integrado la electrocoagulación y hongos, biológicos para aguas residuales de curtiduría, en este caso se utilizaron placas de Fe y Al dentro de un vaso precipitado, el volumen tratado es de 800 ml, se determinó que la DQO (63.8%) y Cr VI (72.65%) más eficiente se logró mediante EC (pH 8.0, tiempo de reacción de 60 min y corriente de 0.81 A) (Deveci et al., 2019, p. 125).

Aunque estos tratamientos resultan eficientes, se ha intentado mejorar el rendimiento mediante EC discontinua, el prototipo es de 20cm largo x 10cm ancho x 5cm de altura, el caudal a tratar fue 2 L, a 20 °C con electrodos de aluminio puro con una separación de 2 cm entre ellas, una intensidad de 2A, 3A y voltajes entre 2V a 3V. C. El tiempo de tratamiento fue de 360 min obteniendo como resultado la remoción de Cr (III) al 93% para la primera intensidad, al 95.4% para la segunda corrida y el 99.7% en el último tratamiento. Respecto a la eliminación de la DQO los valores fluctuaron entre 58% y 81.95% en una solución que mantuvo un pH óptimo de 6,5-7,0 (Elabbas et al., 2015, p.13). El estudio evaluó la influencia y modificación de ácidos en el rendimiento de adsorción de Cr(VI) mediante CA de coco, se utilizó el H_3PO_4 , se preparó una solución de 100 mg/L de Cr(VI) en agua ultra pura, para evaluar la adsorción, el CA fue preparado 0.5g en

concentraciones de 20%, 40% 60%, el volumen de agua a tratar fue de 50 ml en 10, 30, 60 y 360 min y la remoción de cromo ascendió a 79.23% y 81.60% sin embargo estos valores disminuyeron a 78.22% cuando aumentó la concentración de H₃PO₄ (Lesaoana et al., 2019, p. 10).

Las teorías que se enfocó la investigación, es resaltar sobre las industrias de curtiembre. las industrias de curtiembres realizan diferentes procesos las cuales también se cuenta con distintas etapas que se describen en el diagrama N°1, este estudio se ha enfocado en el segundo proceso donde se realiza el curtido ya que es en esa esta es donde se encuentra las más altas concentraciones de los contaminantes. (Leguizamon, 2018, p. 9).

Diagrama N° 1 Proceso de curtido de pieles



Fuente: Elaboración propia 2019

El efecto del Cr (VI) en la salud humana es muy perjudicial, sobre todo para los que trabajan o realizan actividades con este elemento químico esto también va a depender de valencia, siendo los más tóxicos y peligroso el Cromo (III) y Cr (VI) generando problemas de irritación en los ojos, sangrados de nariz y también en la piel, debilitación del sistema inmune, de la misma marea afectado a los riñones, hígado, alteraciones genéticos hasta

puede causar cáncer en los pulmones llegando a causar hasta la muerte. (Molina, Aguilar y Cordovez, 2010, p. 83)

La Electrocoagulación es una tecnología utilizada en el tratamiento de aguas con el propósito de eliminar los tipos de impurezas, solubles e insolubles que se encuentran suspendidos o emulsificados en el agua, la cual se utiliza la electricidad que se adhiere al flujo de agua por medio de láminas metálicas, (Arango, Arroyave y Garcés, 2007. p. 62-63). En este proceso ocurren dos reacciones simultáneas en el electrodo anódico es donde se forma iones metálicos y genera O_2 , en el cátodo se produce la generación de gas hidrógeno que se libera, esto ayuda a flotar las partículas floculadas del agua (Chen, 2004, p. 72).

Piña, (2011), señala que los tipos de reactores son de tipo discontinuo y el segundo reactor de tipo continuo, dependen al tipo de efluentes a tratar. El tipo discontinuo es un proceso que es aplicado a un efluente con capacidad fija en celda, formado por con placas en forma vertical con ánodo llamada placa de sacrificio y cátodo se mantiene pasivo, conectadas a una fuente de poder eléctrica externa directa, las placas conectadas en este tipo de reactor puede ser de forma intercalada.

Melgar y Barranco, (2016) indican que la electrolisis tiene como finalidad el aislamiento de componentes iónicos (electrolito) mediante un proceso donde se emplea una celda eléctrica compuesta por dos electrodos ánodo a cátodo, provocando a una oxidación y reducción, esto realiza una transformación química no natural en la cual se aplica energía eléctrica para que se desarrolle una potencia electroquímica.

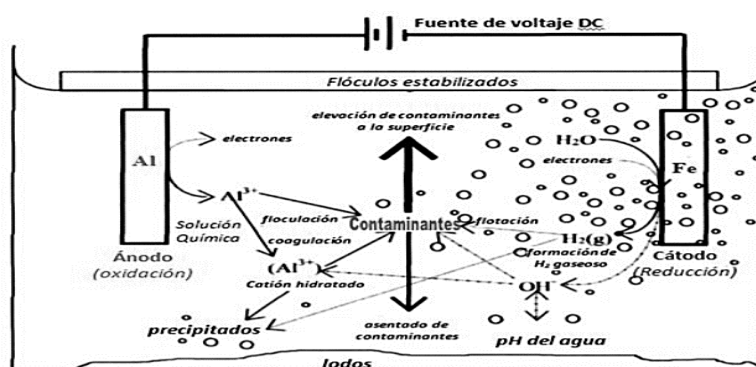


Figura N° 1. Reactor de tipo flujo
Fuente: Melgar y Barranco, 2016.

Los agentes que afectan en el desarrollo de la EC son: el pH es parámetro más importante para obtener la eficacia de remoción de los distintos contaminantes este parámetro debe estar en pH 6 y 8 se, esto depende del tipo de electrodos que utilice y el pH preliminar del

efluente a tratar, este parámetro va en aumento debido al procreación de hidrogeno como indican diferentes autores. (Ullah et al., 2019, p. 2 y Maria et al., 2019).

La densidad de corriente muy importante en la electrocoagulación ya que determina la cantidad de iones del tipo de material, si hay una densidad de corriente muy alta puede ocasionar un descenso significativo en la eficiencia, la temperatura no ha sido muy investigado, pero se encontró que la eficiencia de la corriente distintas hasta abordar a 60 °C en el caso de electrodo de aluminio (Arango, 2012, p. 63) y la conductividad produce un incremento de densidad de corriente. En este caso dependerá del tiempo que se mantenga firme el voltaje y amperaje que alimentará a las placas metálicas (Arango y Garcés, 2006, p. 71).

Las ventajas que se obtiene por el método de EC son: Los equipos son asequible para su operación, elimina la acumulación de productos químicos, forma lodos más compactados, alta remoción de contaminantes a diferentes niveles, purifica el agua y posibilita su reutilización, reduce la contaminación en los cuerpos de agua, elimina las partículas coloidales más pequeñas, tiende a conducir las aguas tratadas a un pH neutro, y las desventajas son: Se tiene que hacer cambio de láminas de sacrificio , en algunas regiones puede ser costoso esto dependerá del costo de la electricidad, lodos con altos porcentajes de concentración de iones metálicos, dependerá del tipo de lámina utilizada como electrodo de sacrificio, el óxido formará en el ánodo una capa que impedirá el paso de la corriente eléctrica, disminuyendo la eficiencia del tratamiento. (Arango, 2005, p. 54-55).

La coagulación nace en el año 1844, con el fin de mejorar el aspecto del agua, incluye la naturaleza de las cargas eléctricas de las partículas suspendidas, esta causa repelación entre ellas, puesto que se descubrió una correlación directa entre las partículas patogenicias y sedimentables. (Wei, 2018, p. 4).

Viades, (2013) explica que la adsorción se puede determinar como la predisposición de un factor del sistema a sedimentar en la interface, donde la composición de ambas fases liquidas son distintas concentraciones debido al seno de las fases. Este desarrollo de adsorción es notable en conocimiento de los coloides y superficies, la interface tiene como finalidad la retención de átomos y moléculas.

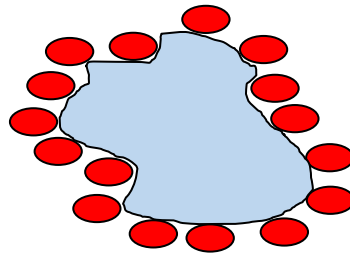


Figura N° 2. Adsorción
Fuente: Viades, 2013.

Surgen distintos procesos de adsorción y absorción, en el desarrollo de absorción se realiza la inserción física de una etapa en otra; sin embargo es posible que se realice ambos procesos paralelamente, y en el suceso puede ser muy dificultoso separar los efectos de ambos fenómenos, incluso el desarrollo de un proceso puede causar consecuencia en el otro.

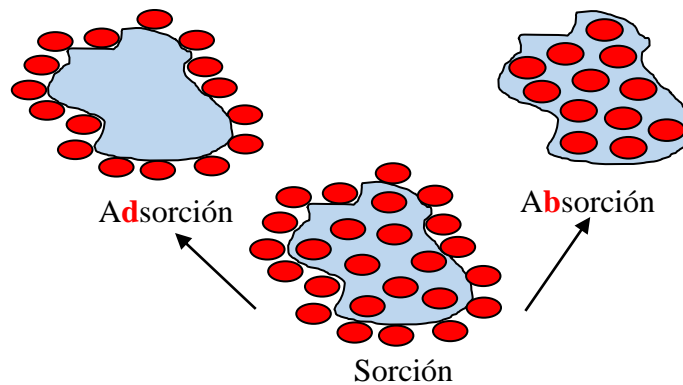


Figura N° 3. Adsorción y absorción
Fuente: Viades, 2013.

Tobalina, (2009) y Nichela, (2012), mencionan que es el estudio de velocidad de las reacciones químicas, que se introduce en las reacciones químicas la variable tiempo, como también las leyes de velocidad. La reacción de primer orden es cuando la velocidad de reacción actúa directamente proporcional a la concentración A. siendo representado de la siguiente manera:

El Perú presenta una gran problemática con el tratamiento y disposición del efluente producido por las industrias de cuero. (INEI 2016), Menciona que existen alrededor de 3199 a nivel nacional, que en la Región de Lima hay 803 de la cual 741 son microempresas y 68 son pequeñas empresas que cuentan con licencia de funcionamiento y solo 63 con instrumento de gestión ambiental aprobado por PRODUCE, por lo que se entiende que la mayoría de industrias de curtiembre son ilegales y no cumplen con las condiciones de seguridad, ambientales y sanitarias adecuadas. (Ministerio de Producción, 2014), estas

industrias se encuentran en los márgenes del Río Rímac, ya que es el cuerpo receptor donde se descargas las aguas residuales.

Las normativas nacionales, como la LEY N° 28611 (Ley general del ambiente), establece principios básicos del derecho a tener un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida garantizando la salud de las personas y contribuir con la protección del ambiente, contar con un desarrollo sostenible de los recursos naturales y del país. En base a eso existe el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA, la cual está establecido Valores Máximos Admisibles para el vertimiento de aguas residuales no domesticas al sistema de alcantarillado, las cuales lo comprende los efluentes actividades las económicas e industriales. Sin embargo, uno de los problemas en el país, es que los propietarios de las industrias informales no están obligados a tratar sus efluentes de los procesos de curtido antes de verter al sistema de alcantarillado, alterando los parámetros de las aguas del alcantarillado, perjudicando a cuerpos receptores como rio, lagos, mares y tan se puede considerar en menor escala la capa freática.

El *Cocos nucifera* (coco), es una fruta que se produce en el Perú un aproximadamente de 32 353 toneladas, de distintos tipos de cocos esto se debe a los diferentes tipos de suelos y climas que conforman cada región del país. (SIEA, 2016). (Colpas et al., 2016, p. 31), indica que este fruto se puede transformar en carbón activado usando el endocarpio de coco. (Donneys et al., 2018, p. 5), Indica que este producto es eficaz para el tratamiento de efluentes por medio de la adsorción, remueve el cromo III en su máxima concentración a un pH=3 como depurando la materia orgánica y colorantes.

En este contexto, esta investigación se realizar un sistema combinado de electrocoagulación asociado a un filtro rotatorio utilizando endocarpio de coco (*Cocos nucifera*), que permita tratar los efluentes de tal manera que estas aguas tratadas puedan ser arrojadas al sistema de alcantarillado sin general un daño significativo al ambiente.

La investigación tiene como contexto el problema general: ¿Cuál es la máxima remoción de cromo (VI) y DQO utilizando el sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio? y los problemas específicos son: ¿ Cuáles son las condiciones operativas de un sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco para remover el cromo (VI) y DQO? y ¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre mediante la aplicación del endocarpio de coco?.

El estudio busca ser una alternativa de innovación y aporte a la ingeniería, ya que actualmente se ha venido incrementando los impactos negativos al medioambiente como también a la salud de la población adyacente, los problemas más evidentes en las industrias de curtiembre son las aguas contaminadas con alta carga de cromo y materia orgánica producto de los procesos, considerando que las investigaciones generalmente en el tratamiento de aguas de estas industrias, la cual se ha previsto realizar un revisión teórica de los últimos años encontrando que muy poco utilizan procesos combinados de EC y adsorbentes de endocarpio de coco.

En referencia a las investigaciones, se realizará un sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio del endocarpio de coco para la remoción de Cr (VI) y DQO y reducir la contaminación de los efluentes de la curtiembre, así mismo al ser ejecutada esta tecnología, facilitará una herramienta significativa, así como también una aportación y oportunidad para orientar el compromiso de dichas industrias.

El objetivo general es: Evaluar la máxima remoción de cromo (VI) y DQO mediante el sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco. Los objetivos específicos son: Determinar las condiciones operativas del sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco para remover cromo (VI) y DQO. y Determinar la capacidad de adsorción endocarpio de coco “Cocos nucifera” en la remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre.

La hipótesis general es: El sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco genera una máxima remoción de cromo (VI) y DQO. Las hipótesis específicas son: Las condiciones operativas del sistema combinación de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco para remover significativamente el Cromo (VI) y DQO debe ser óptimo. El filtro rotatorio de endocarpio de coco tiene una capacidad significativa en la cinética de remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de Investigación

El diseño EXPERIMENTAL es la orientación donde se realiza el control o majeo de una o más variables independientes de manera cuidadosa para observar su consecuencia sobre la variable dependiente. (Sampieri et al., 2014, p. 150). En referencia a lo mencionado está investigación es de tipo aplicativo, ya que la manejo la variable independiente está en relación con la consecuencia que causo sobre la variable dependiente, a continuación se evidencia el esquema de correlación entre dos variables.

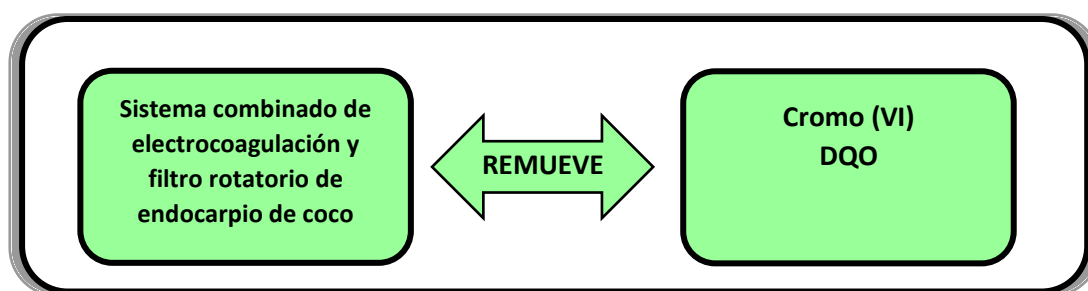


Figura N° 4. Vinculación entre variables

Fuente: Elaboración propia, 2019

La investigación es de tipo aplicada, procura desarrollar teorías y conocimientos de investigación en campos específicos, es decir ratificar una teoría ya patentada en un espacio o campo reciente, la finalidad principal de esta investigación es adaptar conocimientos universales ya realizadas en un problema específico (Maleta, 2009, p. 127). Como finalidad el presente estudio es de tipo aplicada, ya que se realizará en base a conocimientos ya realizados y estipulados en un nuevo campo.

La investigación cuantitativa indica que el enfoque cuantitativo alimenta un proceso secuencia y demostrativo de recolección de datos, mediciones matemáticas y análisis estadístico con la cual se obtendrán resultados, de la misma manera realiza inspecciones sobre el fenómeno para la confrontar con otras investigaciones. (Martines, 2014, p. 25).

2.2. Operacionalización de las variables

Variable independiente: Sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio utilizando endocarpio de coco (*Cocos nucifera*).

La electrocoagulación es un proceso electroquímico con la finalidad de eliminar o remover contaminantes del agua, así como SST, materiales coloidales, color,

microorganismos nocivos y metales pesados. Aplicando corriente continua y placas de sacrificio. (Eiband et al., 2017).

El Filtro rotatorio de endocarpio de coco (*Coco nucifera*) consiste en componentes granular activado ya que por sus características fisicoquímicas logra remover la materia orgánica y iones de cromo trivalente y hexavalente como también (Jimenes et al., 2017).

Variable dependiente: Remoción de cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una curtiembre.

Remoción de cromo (VI) y DQO de efluentes emitidos por una curtiembre (Gilpava et al., 2019). Indica que el desempeño del proceso del sistema combinado de electrocoagulación y filtros en la remoción de contaminantes de cromo y demanda química de oxígeno se muestra en función de las concentraciones de entrada y salida de los contaminantes. Así mismo manifestar que la intensidad de corriente del sistema de electrocoagulación y la dosis del adsorbente de endocarpio de coco, tienen un papel importante en la remoción de cromo y materia orgánica como también en los demás parámetros como el pH, turbidez, conductividad eléctrica, entre otros.

Matriz Operacionalización de las variables

Tabla N° 1. Matiz de operacionalización de las variables de la investigación

Sistema Combinado de Electrocoagulación y Filtro rotatorio utilizando Endocarpio de Coco (<i>Cocos nucifera</i>) para la Remoción de Cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una Curtiembre			
variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones
VI: Sistema combinado de electrocoagulación y Filtro rotatorio de endocarpio de coco (Coco Nucifera)	La electrocoagulación es técnica que se emplea electricidad mediante placas de metal secuencialmente para la eliminación de contaminantes en el agua ya se encuentren en suspendidas o emulsificador, esto generando la coagulación y/o floculación. (Arango, 2005 p. 50)	Las muestras de efluente del proceso de curtido serán inicialmente pre tratadas mediante una primera operación unitaria de electrocoagulación para la eliminación de cromo (VI) y materia orgánica y otros parámetros alterados por los contaminantes, utilizando placas de aluminio, seguidamente por un tratamiento complementaria mediante filtro rotatorio de endocarpio de coco (<i>Coco nucifera</i>) con la finalidad que el cromo (VI) y DQO sea removido a su totalidad, dicha investigación se desarrollara en el laboratorio de Biotecnología.	Condiciones operativas de electrocoagulación
	Jimenes et al., (2017). El Filtro rotatorio de endocarpio de coco (Coco Nucifera) consiste en componentes granular activado ya que por sus características fisicoquímicas logra remover la materia orgánica y iones de cromo trivalente y hexavalente.		Parámetros operativos filtro rotatorio de endocarpio (<i>Coco nucifera</i>)
VD: Remoción de Cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una Curtiembre	Gilpavas, (2019). La remoción de cromo (VI) y DQO a partir del sistema combinado de Electrocoagulación y Filtro rotatorio de endocarpio de coco se muestra en función de la intensidad de corriente y la dosis del coagulante.	El porcentaje de remoción de cromo (VI) y DQO se calculó a partir de las concentraciones iniciales de los parámetros fisicoquímicos en relación a la concentración final del compuesto, dichas concentraciones se obtuvieron a partir de mediciones y pruebas de los principales parámetros involucradas en el efluente.	Cantidad de Cr VI y DQO removido

Fuente: Elaboración propia, 2019

2.3. Población y muestra y muestreo

2.3.1. Población

La población correspondiente a la presente investigación es el efluente producido por una industria de curtiembre ubicada en el Distrito de San Juan de Lurigancho (Urb. Canto Grande, Pj Los Pinos N° 436), en la coordenada Este 282415.54 coordenada Norte 8674419.23, (Mapa N° 1), cuyo volumen asciende aproximadamente 20 m³ de agua contaminada por 1000 kg de cuero.

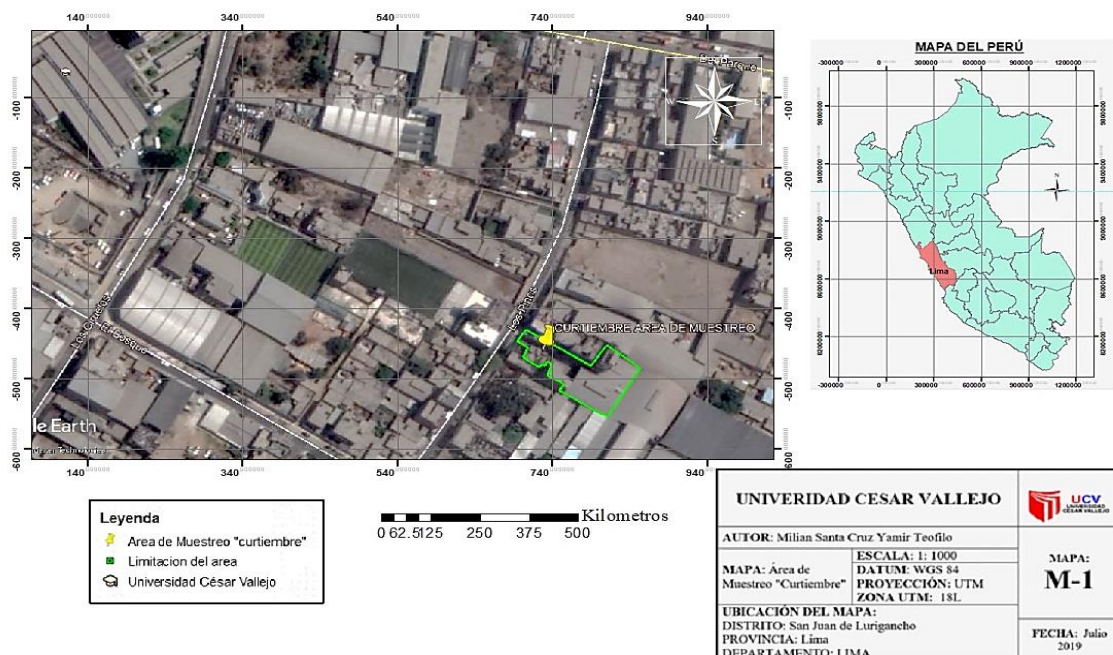
2.3.2. Muestra

Se colectan 100 L de efluente del proceso de curtido de la industria de curtiembre, para ser evaluado y analizado en el laboratorio de biotecnología de las UCV. Esta muestra fue porque la industria de curtiembre tiene un alto nivel de contaminante de cromo hexavalente el cual es un metal muy peligroso y por materia orgánica presente vertido al sistema de alcantarillado, finalmente descargado en los cuerpos receptores alterando los parámetros: pH, turbidez, ST, oxígeno disuelto. (Mendes, 2007, p. 74).

2.3.3. Muestreo

Tipo de muestreo es no probabilístico, ya que la selección de la muestra, se determinó en relación a las características de la investigación, estadísticamente representativo del universo o población, del cual se recolectarán los datos. (Hernandez et al., 2014, p.206).

Mapa N° 1. Área de muestreo de la Industria de Curtiembre

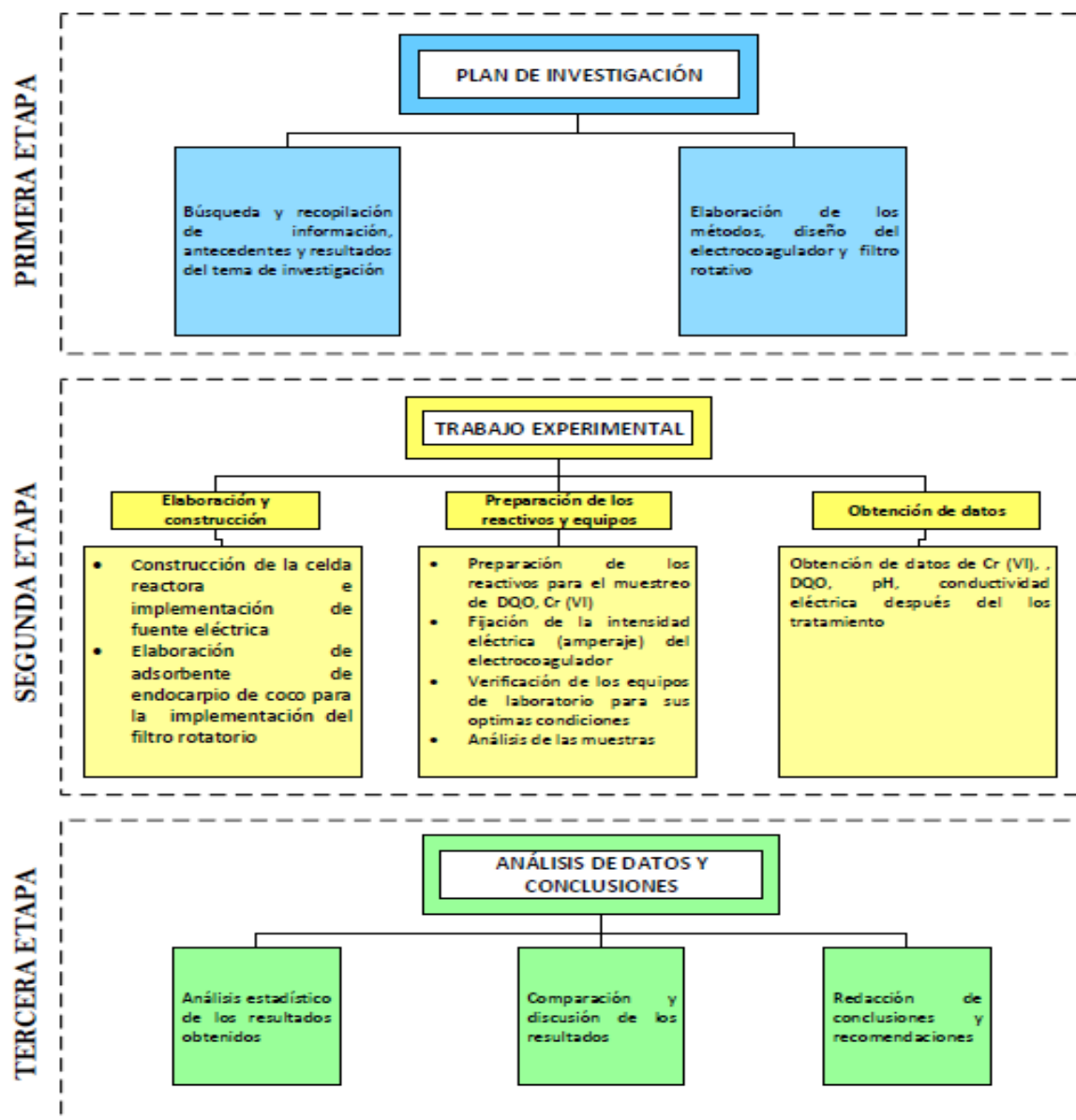


Fuente: Elaboración propia, 2019

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

En este proyecto de investigación se aplicaron diferentes técnicas de recolección de datos ya que se recopiló información teórica para las distintas etapas de investigación como se muestra en el diagrama N° 2, para imponer las condiciones operativas del sistema combinado de tratamiento, en segundo lugar, se recaudó protocolos para la colección de muestras del agua residual, según los métodos de APHA-AWWA-WPCF, 1994. El procedimiento de la siguiente investigación se realizará como se muestra en el Diagrama N° 2.

Diagrama N° 2. Etapas del desarrollo del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2019

2.5. Procedimiento

Esta investigación se realizó dos procesos para el sistema de electrocoagulación y para el filtro rotatorio de endocarpio de coco, que permitirá obtener los resultados de los parámetros a evaluar, la cual se desarrolló lo siguiente:

2.5.1. Construcción de las celdas de electrocoagulación

Se construyó las celdas reactoras para el sistema de electrocoagulación la cuales se utilizaron los siguientes materiales:

- ❖ 1 celda de acrílico
- ❖ 1 fuente eléctrica de 5 A - 25 V
- ❖ 4 placas de Fe
- ❖ 4 Placas de Acero inoxidable
- ❖ 2 siliconas de 300g.
- ❖ 5 metros de cable de 14V
- ❖ 8 cocodrilos medianos
- ❖ 1 puente de diez entradas y salidas
- ❖ 10 tubos de bronce ¼
- ❖ 5 llaves control de ¼
- ❖ 2 codos de ¼
- ❖ 1 conector en forma T de ¼
- ❖ 1 balde de 100L

El reactor de electrocoagulación a escala de laboratorio se fabricó usando una lámina de acrílico transparente, se utilizaron dos electrodos de hierro y dos de acero inoxidable

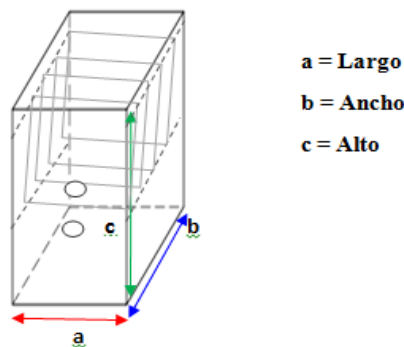


Figura N° 5 . Celda reactiva de Electrocoagulación

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Tabla N° 2. Medidas del sistema de electrocoagulación

Tamaño de celda	Descripción	Valor (m)	Área (m ²)	Volumen (L)
	Ancho	0.10		
Largo	0.14			
Alto	0.17			
			Área (m²)	
Tamaño de placas	Ancho	0.003	0.01914m²	
	Largo	0.09		
	Alto	0.1		

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Para determinar el área de las celdas y placas de electrocoagulación se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\begin{aligned} \text{Área} &= 2 \times (a \times b + a \times c + b \times c) \text{ m}^2 \\ \text{Área} &= 2 \times (0.1 \times 0.14 + 0.1 \times 0.17 + 0.14 \times 0.17) \text{ m}^2 \\ \text{Área} &= 2 \times (0.0548) \text{ m}^2 \\ \text{Área} &= 0.1096 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Para determinar el volumen de las celdas de electrocoagulación se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= (a \times b \times c) \text{ m}^3 \\ \text{Volumen} &= 0.10 \times 0.14 \times 0.17 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen} &= 0.00238 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen} &= 2.38 \text{ L} \end{aligned}$$

2.5.2. Construcción de las celdas del filtro rotatorio

Se construyeron las celdas reactoras para el sistema de filtro rotatorio las cuales se utilizaron los siguientes materiales:

- ❖ 1 celdas de acrílico
- ❖ 1 motor de 15V
- ❖ 2 siliconas de 300g.
- ❖ 1 faja de motor
- ❖ 1 filtro metálico
- ❖ 1 cargador de 5V

Se diseñó una celda para el proceso del filtro de endocarpio de coco paralelepípedo (octaedro).

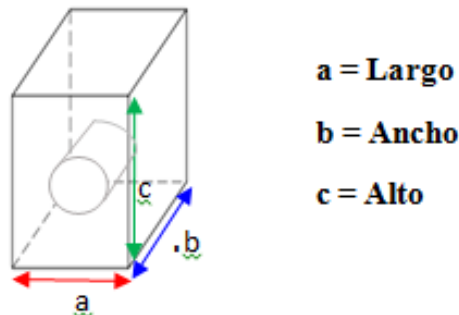


Figura N° 6. Celda reactiva del filtro rotatorio

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Tabla N° 3. Medidas del filtro rotatorio

Símbolo	Descripción	Valor (m)	Área (m ²)	Volumen (L)
a	Ancho	0.09	0.085	1.638
b	Largo	0.14		
c	Alto	0.13		

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Para determinar el área y volumen de las celdas del filtro se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\begin{aligned}\text{Área} &= 2 \times (a \times b + a \times c + b \times c) \text{ m}^2 \\ \text{Área} &= 2 \times (0.09 \times 0.14 + 0.09 \times 0.13 + 0.14 \times 0.13) \text{ m}^2 \\ \text{Área} &= 2 \times (0.0425) \text{ m}^2 \\ \text{Área} &= 0.085 \text{ m}^2 \\ \text{Volumen} &= (a \times b \times c) \text{ m}^3 \\ \text{Volumen} &= 0.09 \times 0.14 \times 0.13 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen} &= 0.001638 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen} &= 1.638 \text{ L}\end{aligned}$$

2.5.3. Colecta de muestras del efluente de curtiembre

La recolección de la muestra se realizó a la salida del proceso de curtido de una industria de curtiembre ubicada en San Juan de Lurigancho– Lima-Perú, el agua se recogió en un tanque de almacenamiento y se conservó a una temperatura ambiente, hasta su uso en la investigación a escala de laboratorio. Antes de realizar las pruebas de laboratorio, el efluente se mezcló de manera uniforme y se procedió a realizar la caracterización inicial.

2.5.4. Enriquecimiento del agua residual de curtiembre con Cr (VI)

El agua residual de curtiembre fue enriquecida con una solución stock de K_2CrO_4 preparada a partir de reactivo p.a. Merck en agua deionizada, para lograr una concentración de 326 mg/L Cr (VI) de agua residual.

Las pruebas de adsorción requirieron de un enriquecimiento del agua residual en concentraciones de 88.7, 53.7, 37.5, 31, 24.5, 18, 17.9, 17.8 mg/L.

2.5.5. Proceso de Electrocoagulación

Se empleó el proceso de electrocoagulación con el propósito de eliminar las impurezas solubles e insolubles presentes en forma suspendida o emulsificadas en el agua, haciendo pasar electricidad sobre el flujo de agua mediante láminas metálicas (Arango, Arroyave y Garcés, 2007, p62-63).

La capacidad de efluente de curtiembre a tratar fue 1000ml. Se empleó corriente eléctrica mediante placas metálicas de hierro y acero inoxidable alimentadas por una fuente eléctrica de 5A y 30V.

El proceso de electrocoagulación se realizó en base al diseño de Box-Bheken de 2^3 , los factores fueron Tiempo (t), Amperaje (A) y pH, cada factor tuvo tres niveles 40, 60 y 80

min (t), 3, 4 y 5 (A) y 3, 4, 5 pH. Con la finalidad de encontrar las mejores condiciones operativas del sistema, La elección de variables independiente se usaron de acuerdo a las investigaciones realizadas por: (Deveci et al, 2019, p125 y Gilpavas et al, 2019, p4).

2.5.6. Materia Prima

Para el proceso de adsorción se empleó utilizar el endocarpio de coco, ya que es un fruto de comercialización de alto nivel en el distrito de San Juan de Lurigancho (Anexo N°1.1), esto se debe a su alto consumo de la pulpa y el agua que contiene dicho fruto. Como consecuencia la cascara es desechada sin tener un uso adecuado, es por eso que se procesara el endocarpio para obtener carbón activado y se usado como adsorbente.

2.5.7. Producción de Carbón activado

Para la elaboración de carbón activador de endocarpio de coco se utilizó el reactor de la Universidad Cesar Vallejo, se utilizó 8 Kg de materia prima (endocarpio de coco), que se recolecto de las vendedoras del Distrito de SJL, se insinero de 500 a 600°C grados Celsius por dos horas la cual se obtuvo como resultado 4.846 Kg de carbón se trituro para obtener el CA de forma granular (Anexo N° 1.1), para la activación del carbón se utilizó ácido fosfórico al 98%, se agregó 60 ml de H₃PO₄ en 150ml. de agua destilada y se adiciono 50g de CA seguidamente se colocó en la estufa a 120C° por 48 horas, se procedió a lavar con agua des ionizada.

2.5.8. Proceso de adsorción mediante filtro rotatorio

El filtro rotatorio se utilizó después de haber realizado el proceso de electrocoagulación, este método es un proceso complementario con el fin de remover el material resultante de cromo hexavalente y la demanda química de oxígeno a una escala mayor, la cual se agregó el carbón activado en este proceso se agregará tres dosis diferentes. La capacidad de efluente a tratar es de 800 ml. por corrida, ya que se ha retirado 50 ml para los análisis e los parámetros evaluados y el agua fáltate se convirtió en lodo en el proceso de electrocoagulación. El proceso es girado por un motor de 15V, la velocidad de agitación es contaste para todos los tratamientos del método Tabla N° 6.

El proceso de filtración también se realizó en base al diseño obtenido mediante el método de Box-Bhenken, con el objetivo de obtener las mejores condiciones operativas del sistema la cual dependerá de las variables y factores: Tiempo Dosis y pH fueron en base a estudios de investigación que tiene rango y 5, 10 y 15g en los niveles de dosis y el Tiempo y pH fueron los mismos que en el proceso anterior.

2.5.9. Procedimiento experimental

La configuración experimental que se realizó en estos dos procesos como se muestran en la Tabla 6-7, en el proceso de EC y adsorción fueron adecuados de acuerdo a los parámetros establecidos en cada tratamiento, la cual determina la eficiencia de remoción Cr (VI) y DQO para ello se realizó los siguientes procesos.

2.5.10. Método de análisis de Cromo hexavalente.

Se preparará solución patrón a diferentes concentraciones variando un rango mínimo de 20 a 150 mg/l para obtener las alícuotas una para realizar la curva de calibración para poder determinar la ecuación. De la misma manera se prepara las soluciones patrones para el cromo (VI) para poder medir las concentraciones de las muestras iniciales como también medir los parámetros de todas las muestras después del tratamiento.

Para la determinación de Cromo hexavalente se utilizó el Método 3500-Cr B APHA-AWWA-WEF. Re realizo a tener el patrón teniendo soluciones trazables de 0.000 a 0.200 mg/L. De forma alternativa pesar 141.45 mg de dicromato de potasio y se disolvió en 100ml de agua destilada se agregó HNO₃ para ajustar el pH. Esto se realizó para tener obtener la curva de calibración en el equipo de espectrofotómetro UV/VIS. Para poder medir las concentraciones de la muestra inicial como también medir los parámetros de todas las muestras después del tratamiento.

Para obtener la concentración de cromo inicial se utilizó 1 ml de muestra y se agregó en una fiola de 100 ml, se enraso con agua destilada, se retiró 1 ml de agua de la muestra diluida y se agregó en una fiola de 100ml, se colocó 0.5 ml de ácido sulfúrico diluido 1/1, se agrega 1 ml de definilcarbácida (esta solución está compuesta por 0.5mg en 10 ml de acetona), se se procede a enrasar con agua destilada en la fiola de 100ml.

Se realizó un análisis previo al efluente que se obtuvo de la industria de curtiembre (proceso de cromado), teniendo como resultado que se encontró no cromo VI sin embargo si contenía Cromo total, por la cual se procedió a simular un efluente que tuviera cromo VI. El procedimiento para obtener Cr VI de 7148 mg/L se agregaron 60 gramos de dicromato de potasio en el efluente obtenido del proceso de cromado de la industria de curtiembre.

2.5.11. Metodología para análisis de DQO efluente de curtiembre.

El método para la determinación de DQO se realizó por reflujo cerrado, método colorimétrico 5220 D, para ello se preparó los reactivos:




Solución digestora para aquello se añade 500ml de agua destilada, se agrega 10.2016g de dicromato de potasio que es secado en la estufa por 103°C durante 2 horas, se agrega 33.3g de ácido sulfúrico y se enrasa hasta 1000ml de agua y se deja enfriar a temperatura ambiente.




Solución sulfúrica se añade 5.5g de Ag_2SO_4 /kg de ácido sulfúrico, se agita y se deja reposar de 1 a 2 días para disolver el Ag_2SO_4 .

Ftalato de hidrógeno de potasio patrón: se realiza la trituración del ftalato de hidrogeno y se seca en 120°C, se agrega 425mg en 1000L de agua destilada y se disuelve. Este reactivo es utilizado do para realizar la muestra patrón.

La recolección de datos se basó en la utilización de equipos de laboratorio (Tabla N° 4) con los cuales se pudo conseguir los valores físico-químicos de los parámetros establecidos, como también se pudo obtener las concentraciones iniciales y finales del efluente, también se utilizó el método observacional la cual se estimó el comportamiento de las variables.

Tabla N° 4. Equipos de laboratorio de biotecnología

PARÁMETRO	Unidad	Equipo	DEFINICIÓN	Método
FÍSICOS				
Conductividad eléctrica	μS/cm	Conductímetro marca CRISON °Basic 30	 Mide la conductividad en soluciones acuosas de electrolitos, estos son sustancias que contienen iones, los cuales son responsables de transportar la corriente eléctrica. (APHA-AWWA-WPCF,1994), (Tomar y Suthar, 2011).	2510B. Método de laboratorio
Reactivos sólidos y CA	mg/L	Estufa Digital marca.	 Permite el secado y también se usa para la esterilización de recipientes. En la investigación se utilizó para secar los reactivos sólidos y el carbón activado.	2540 D. Método sólidos totales en suspensión secados a 103-105°C.
		Balanza Analítica marca KEYI	 Este equipo permite medir el peso en gramos de ciertos materiales químicos.	

QUÍMICOS					
Cr VI	mg/L	Espectofotometro UV/VISIBLE 105 SV		Este equipo mide la concentración de cromo hexavalente disuelto en muestras acuosas. Los resultados obtenidos son requeridos en mg/L.	Método 3500-Cr B APHA-AWWA-WEF
DQO	mg/L	Colorímetro portátil de marca HACH DR/890		Este equipo contiene métodos preprogramados que mide la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica por un oxidante químico. La lectura se da en absorbancia y en mg/L (APHA-AWWA-WPCF,1994).	5010 B. Prueba ROB de 5 días.
pH	unidad de pH	pH meter de marca HANNA HI8424		Es un equipo se utiliza medir el pH a temperatura compensada y potencialmente electroquímico de soluciones acuosas, lo cual permite adquirir información de acidez o alcalinidad del influente y efluente (Meléndrez, Pérez y Barradas, 2015)., (Samal, Dash y Bhunia, 2018), (APHA-AWWA-WPCF,1994).	2550B. Método de laboratorio

Fuente: Elaboración propia, 2019

La validación de los instrumentos para el estudio de investigación, se tendrá como finalidad los detalles y características de los instrumentos que se utilizaran en el desarrollo experimental como se muestra en la (tabla N°4), los equipos de laboratorio utilizados para el proyecto de investigación deben estar previamente calibrados por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2019) u otras empresas que acredite la calibración de tal manera que sea confiable los valores de medida. La calibración de los equipos se debe realizar cada año previo al uso con la finalidad de tener datos estables. Como se muestra en el Anexo N° 2 donde la presente certificación hace constatar que los datos y resultados son válidos y confiables.

2.6. Métodos de análisis de datos

El diseño experimental correspondiente a la investigación se aplicó mediante el método de Box-Bhenken de tres factores en el proceso de electrocoagulación con tres factores y de tres factores en el proceso de adsorción cada una con tres variables, esto se realizó para eliminar los materiales resultantes de Cr (VI) y DQO, se obtuvieron los resultados finales y se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) una vez determinado los resultados de cada proceso, se aplicó el área de superficie para determinar el máxima y mínima remoción de

romo hexavalente y DQO de cada proceso. (Vasquez et al, 2016, p 4 y Wardrop 1990, citaron a Box, Behnken, 1960).

El análisis de datos se evaluó mediante la estadística descriptiva utilizando software como el Statgraphics y el Excel obteniendo las tablas y gráficos que ayudo a la interpretación de los resultados obtenidos del trabajo de investigación.

2.7. Aspectos éticos

Este Electrocoagulación y Filtro rotatorio utilizando Endocarpio de Coco (*Cocos nucifera*) para la Remoción de Cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una Curtiembre”, mostrara información proyecto de investigación que tiene como título “Sistema Combinado de con total certeza con la finalidad de dar solución al problema ambiental que se viene dando en la curtiembre de la misma forma conserva y preservar los recursos naturales, cada procedimiento que se desarrollara se obtendrá resultados reales.

Como ingeniero ambiental se busca el equilibrio de los aspectos del desarrollo humano y la conservación de los recursos naturales para las generaciones futuras teniendo una visión en solucionar los problemas ambientales. Esta investigación se ha efectuado dentro de los principios éticos que rigen la veracidad de los datos y resultados cuya prueba se muestra en la información generada y validad mediante el turnitin y en fotografías tomadas durante el proceso de investigación demostrando que los datos son originales y se ha respetado el derecho de autor mediante las citas y referencias bibliográficas.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados de muestra testigo

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N°5, se muestra la comparación de los resultados inicial del efluente de curtiembre en comparación con los Valores Máximos Admisibles establecidos en DS 010-2019-VIVIENDA. Sin embargo, alguno de los parámetros evaluados no tiene referencia la cual se considera como No dato (ND).

Los resultados iniciales del efluente de curtiembre que se muestran en la Tabla N° 5, en comparación con los VMA, muestra que el pH de 3.78 del efluente se encuentra en un estado acido, la conductividad de 33.41 mS/cm y la Turbidez 78 UNT no se encuentra referenciado por la norma, sin embargo el DQO 7148 mg/L y el Cr VI mg/L se encuentra sobre los límites establecidos en el Decreto Supremo 010-2019-VIVIENDA.

Tabla N° 5. Comparación de datos de Muestras y VMA.

N° DE MUESTRA	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (UNT)	DQO mg/L	Cnctr Cr VI Inicial. (mg/L)
VMA	6-9	ND	ND	1000	0.5
Efluente de curtiembre	3.78	33.41	78	7148	326

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla N°6 muestran los tratamientos realizados, cabe recalcar los tratamientos hasta la T15, tienen las mismas condiciones de operación. Los resultados obtenidos después de realizar los tratamientos indican que el proceso de electrocoagulación el parámetro pH ha ido incrementado las variables tiempo y amperaje. Respecto a la medición de la conductividad eléctrica inicial de 33.41 mS/cm se valuó después de los tratamientos obteniendo como resultado que ha disminuido un 55.8% de la muestra inicial. El DQO inicia de la muestra inicial es de 7148 mg/L teniendo como resultado de la mejor condición 2401 mg/L teniendo una remoción de 66.42%. El cromo hexavalente inicial del agua residual es de 326 mg/L teniendo como mejor remoción en el T10 con una concentración de 11.9 mg/L. con remoción final de 96.4%.

El trabajo de investigación utilizó el diseño de Box-Bhenken, este método consta de tres variables (Tiempo, Amperaje y pH) las cuales se acondicionarán según la construcción del diseño y tiene tres niveles (-1, 0 y 1), se realizaron quince tratamientos según la metodología del diseño, la cual se realiza para obtener las mejores condiciones del sistema combinado de electrocoagulación. Los parámetros a evaluar se muestran en la Tabla N°6.

Tabla N° 6. Resultados de remoción de Cromo VI y DQO mediante Electrocoagulación.

Variables	Niveles		
	-1	0	+1
Tiempo (min)	40	60	80
Amperaje (A)	3	4	5
pH (pH)	3	4	5

N° Tratamiento	Tiempo (min)	Amperaje (A)	pH	pH Final	Conductividad Elec. (mS/cm)	DQO mg/L Inicial	DQO mg/L Final	Remoción DQO (%)	Cr VI Inicial. (mg/L)	Cr VI (mg/L) Final.	Remoción Cr VI (%)
T1	40	3	4	4.69	15	7148	3559	49.58	326	86.1	73.6
T2	80	3	4	5.66	14.01		2405	66.36		11.9	95.4
T3	40	5	4	4.62	14.88		2766	65.31		28.3	91.3

T4	80	5	4	4.81	15.31		2306	64.75		22.2	93.2
T5	40	4	3	4.55	14.38		2881	59.71		33.5	89.7
T6	80	4	3	4.87	15.01		2531	64.60		17.6	94.6
T7	40	4	5	5.59	14.81		2756	61.45		27.9	91.5
T8	80	4	5	5.37	15.14		2538	64.50		17.9	94.5
T9	60	3	3	4.5	13.62		2833	60.38		31.4	90.3
T10	60	5	3	4.64	14.59		2401	66.42		11.9	96.4
T11	60	3	5	5.52	14.77		3175	55.60		46.9	85.6
T12	60	5	5	5.45	15.33		2691	62.36		24.9	92.4
T13	60	4	4	4.49	14.71		2829	61.20		31.2	90.4
T14	60	4	4	4.54	15.01		2924	60.40		35.5	89.1
T15	60	4	4	4.51	14.86		2741	61.34		27.2	91.7

Fuente: Elaboración propia, 2019

El tratamiento por endocarpio de coco es un sistema complementario secuencial después de realizar el tratamiento por EC, las variables independientes en este tratamiento para encontrar las mejores condiciones serán: Tiempo, Dosis y pH. Con el fin de mejorar los parámetros a medir, los datos obtenidos en este proceso se muestran en la Tabla N°7.

En la Tabla N°7 muestran los tratamientos realizados, cabe recalcar los tratamientos T13 hasta la T15 tienen las mismas condiciones de operación. Los resultados obtenidos después de realizar los tratamientos indican que el proceso de electrocoagulación el parámetro pH ha ido incrementado las variables tiempo y dosis. Respecto a la medición inicial del efluente fueron los resultados de la Tabla N°. Teniendo como resultado que ha ido en aumento Conductividad Eléctrica pasar el tiempo y la dosis. El DQO en el tratamiento que más influencia de remoción se obtuvo en el T6 removiendo de 2531mg/L a 286.5 mg/L. El cromo hexavalente inicial del agua residual que mayor remoción se obtuvo fueron en el T4 y T8, teniendo como remoción final de 86.5 % y 95.7% de DQO y Cr (VI)

Tabla N° 7. Resultados de remoción de Cromo VI y DQO complementario mediante filtro rotatorio de Endocarpio de Coco.

Variables	Niveles		
	-1	0	+1
Tiempo (min)	40	60	80
Dosis (g)	5	10	15
pH (pH)	3	4	5

N° Tratamientos	Tiempo (min)	Dosis (g)	pH Inicial	pH Final	Conductividad (mS/cm) Inicial	Conductividad (mS/cm) Final.	DQO mg/L Inicial.	DQO mg/L Final	Remoción DQO (%)	Cr VI (mg/L) Inicial	Cr VI (mg/L) Final.	Remoción Cr VI (%)
T1	40	5	4	4.82	15	16.74	3559	789	77.83	86.1	25.9	69.9
T2	80	5	4	6.12	14.01	16.12	2405	365.3	84.81	11.9	0.6	94.8
T3	40	15	4	4.17	14.88	15.32	2766	457.2	83.47	28.3	1.8	93.4
T4	80	15	4	4.23	15.31	16.78	2306	310.8	86.52	22.2	0.9	95.7
T5	40	10	3	4.18	14.38	14.85	2881	530.3	81.59	33.5	3.2	90.4
T6	80	10	3	4.51	15.01	16.56	2531	286.5	88.68	17.6	1.1	93.6
T7	40	10	5	5.21	14.81	15.34	2756	502.4	81.77	27.9	2	92.8
T8	80	10	5	5.87	15.14	16.83	2538	372.8	85.31	17.9	0.87	95.1
T9	60	5	3	4.37	13.62	14.45	2833	553.2	80.47	31.4	4.1	86.7
T10	60	15	3	4.31	14.59	15.64	2401	294.8	87.72	11.7	0.6	94.4
T11	60	5	5	5.43	14.77	15.12	3175	719.9	77.32	46.9	8.7	81.3
T12	60	15	5	4.82	15.33	16.73	2691	383.7	85.74	24.9	1.4	94.4
T13	60	10	4	4.83	14.71	15.14	2829	446.1	84.23	31.2	2.4	92.0
T14	60	10	4	4.97	15.01	15.42	2924	472.5	83.84	35.5	3.4	90.2
T15	60	10	4	4.82	14.86	15.34	2741	497.4	81.85	27.2	2.2	91.7

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla N° 8. Remoción de Cromo VI y DQO mediante la aplicación de 5g de endocarpio.

N° DE MUESTRA	Tiempo (min)	Dosis (g)	pH	Conductividad (mS/cm)	Turbidez (UNT)	DQO (mg/L)	Cr VI (mg/L)	Remoción de Cr VI (%)
Muestra Ini.	ND		3.97	8.07	94	92	88.7	0%
T1	10	5	4.08	8.07	62.34	59	56.1	36.74
T2	20	5	4.19	8.18	50.78	56	48.1	54.99
T3	30	5	4.22	8.23	48.7	51	36.1	59.48
T4	40	5	4.28	8.37	43.29	47	26.9	69.67
T5	50	5	4.31	8.59	41.89	44	19.7	77.79
T6	60	5	4.39	8.63	41.43	40	18.9	78.69
T7	70	5	4.58	8.87	40.87	38	18.8	78.70

Tabla N° 9. Remoción de Cromo VI y DQO mediante la aplicación de 10g de endocarpio

N° DE MUESTRA	Tiempo (min)	Dosis (g)	pH	Conductividad (mS/cm)	Turbidez (UNT)	DQO (mg/L)	Cr VI (mg/L)	Remoción de Cr VI (%)
Muestra Ini.	ND		3.97	8.07	94	92	88.7	0%
T1	10	10	4.13	8.21	61.68	57	53.7	39.46
T2	20	10	4.25	8.36	52.56	54	37.5	57.72
T3	30	10	4.29	8.46	46.79	52	31.0	65.05
T4	40	10	4.33	8.58	43.46	48	24.5	72.37
T5	50	10	4.49	8.79	44.76	44	18.0	79.68
T6	60	10	4.51	8.89	45.40	38	17.9	79.82
T7	70	10	4.62	9.14	46.15	31	17.8	79.89

Fuente: Elaboración propia, 2019

Después de obtener los porcentajes de remoción de tratamiento mediante el modelo de Box- Bhenken se procedió al realizar el análisis de varianza en el programa de SATGRAPHICS. La aceptabilidad de un modelo se basa en el análisis de varianza (ANOVA). Tabla 9 y Tabla 10 muestra los resultados ANOVA de los modelos ajustados. Los resultados de ANOVA de los modelos ajustados fueron significativos ya que los valores F adquiridos fueron 50.23 y 47.86 respectivamente y el valor p correspondiente <0.0001 para ambos casos. El coeficiente de determinación (R-cuadrado) obtenidos fueron 86.59 y 85.62 respectivamente, lo que indica un buen ajuste de ambos modelos. (Khan et al, 2008, p7)

El coeficiente de determinación (R-cuadrado ajustado) obtenidos fueron 80.47 para el DQO y 77.74, lo que indica un buen ajuste de ambos modelos.

Tabla N° 10. *Análisis de Varianza de remoción de DQO mediante electrocoagulación.*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Tiempo	99.9698	1	99.9698	50.23	0.0009
B:Amperaje	117.351	1	117.351	58.97	0.0006
C:pH	8.6528	1	8.6528	4.35	0.0915
AA	0.258478	1	0.258478	0.13	0.7333
AB	33.3506	1	33.3506	16.76	0.0094
AC	3.15062	1	3.15062	1.58	0.2639
BB	11.825	1	11.825	5.94	0.0588
BC	0.342225	1	0.342225	0.17	0.6956
CC	6.19608	1	6.19608	3.11	0.1379
Error total	9.95062	5	1.99012		
Total (corr.)	292.417	14			

R-cuadrada = 86.5971 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 80.4719 porciento

Error estándar del est. = 1.41072

Error absoluto medio = 0.726889

Estadístico Durbin-Watson = 2.7619 (P=0.8153)

Tabla N° 11. *Análisis de Varianza de remoción de Cr (VI) mediante electrocoagulación.*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Tiempo	196.02	1	196.02	47.86	0.0010
B:Amperaje	62.1613	1	62.1613	15.18	0.0115
C:pH	21.4513	1	21.4513	5.24	0.0708
AA	57.6092	1	57.6092	14.07	0.0133
AB	89.3025	1	89.3025	21.81	0.0055
AC	0.3025	1	0.3025	0.07	0.7967
BB	19.9592	1	19.9592	4.87	0.0783
BC	3.61	1	3.61	0.88	0.3909
CC	4.67308	1	4.67308	1.14	0.3343
Error total	20.4775	5	4.0955		
Total (corr.)	467.817	14			

R-cuadrada = 85.6228 por ciento
 R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 77.7437 por ciento
 Error estándar del est. = 2.02373
 Error absoluto medio = 1.02667
 Estadístico Durbin-Watson = 1.83879 (P=0.1997)
 Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.0508409

La regresión multivariables figura establece que los factores A (tiempo), B(amperaje) y la interacción de AB(Tiempo-Amperaje) y AA (Tiempo-Tiempo) los factores estadísticamente más determinantes sobre la remoción de Cr (VI) y DQO, es decir que el % de remoción de Cr (VI) y DQO es directamente proporcional al tiempo.

La regresión de regresión multivariables se utilizaron para desarrollar los gráficos de superficie de respuesta manteniendo los dos variables de respuesta que fueron constituidos por los factores tiempo de (40, 60 y 80min) y amperaje en los amperajes fijos de (3, 4 y 5A) y en el caso de pH con los rangos (3, 4 y 5) según el diseño establecido.

El Software diseñó optimizar el proceso, se basa en la técnica de escala para alcanzar los máximos o mínimos valores que se realizan al azar.

Las gráficas tridimensionales obtenidas para la eliminación de DQO, que se muestra en la Fig.3 mientras que el área superficial que se desarrollan para la remoción de Cr VI se muestra en la Fig. 4. Los cuadros de superficie se realizaron con rangos de 50-100, estos gráficos demuestran el efecto de las variables en la eliminación de DQO y Cr VI.

Los más altos valores de remoción corresponden a dosis más bajas (Gómez 2018, p 49).

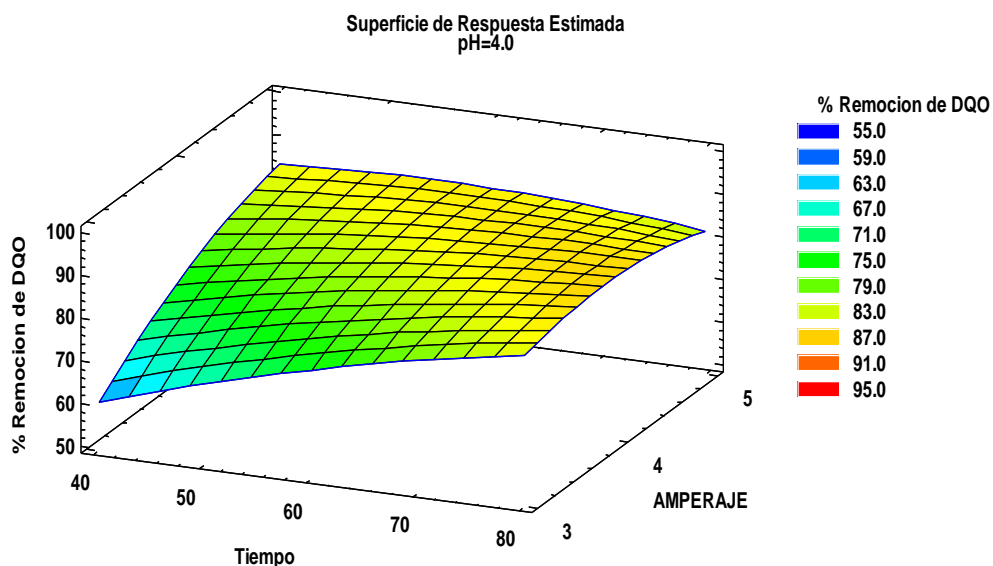


Figura N° 7. Superficie de respuesta remoción de DQO

Fuente: Elaboración propia, 2019

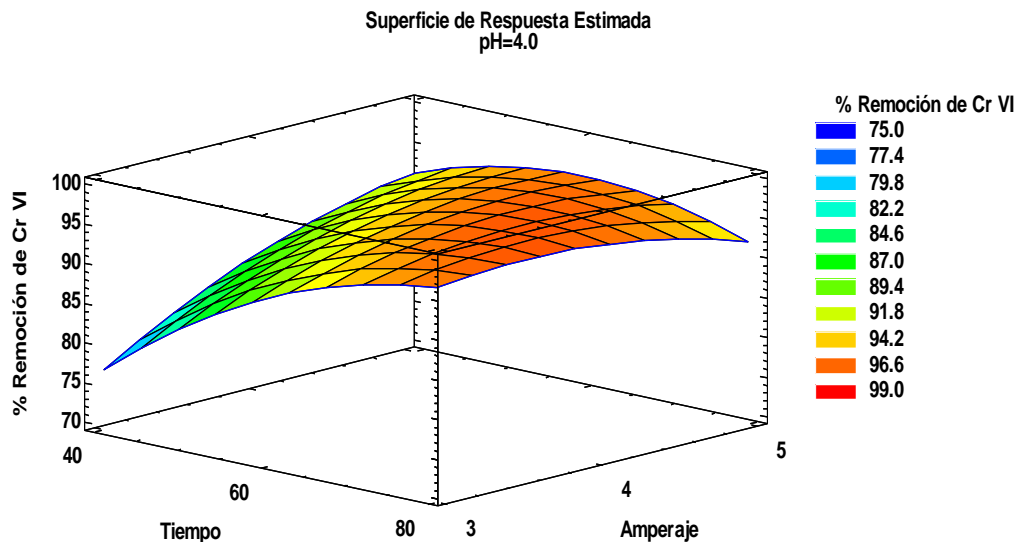


Figura N° 8. Superficie de respuesta de remoción de Cr VI

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 11 y Tabla 12 muestra los resultados ANOVA de los modelos ajustados. Los resultados de ANOVA de los modelos ajustados fueron significativos ya que los valores F adquiridos fueron 18.31 y 24.04 respectivamente y el valor p correspondiente <0.01 para ambos casos. El coeficiente de determinación (R-cuadrado) obtenidos fueron 91.88 y 88.70 respectivamente, lo que indica un buen ajuste de ambos modelos. (Jhazmat, 2008, p. 9).

El coeficiente de determinación (R-cuadrado ajustado) obtenidos fueron 77.28 para el DQO y 68.37, ajuste de ambos modelos no es muy representativo.

Tabla N° 12. Análisis de Varianza para % Remoción de DQO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Tiempo	53.3545	1	53.3545	21.47	0.0057
B:Dosis	66.2401	1	66.2401	26.65	0.0036
C:pH	8.6528	1	8.6528	3.48	0.1211
AA	1.74731	1	1.74731	0.70	0.4400
AB	3.86123	1	3.86123	1.55	0.2678
AC	3.15062	1	3.15062	1.27	0.3113
BB	2.58723	1	2.58723	1.04	0.3544
BC	0.342225	1	0.342225	0.14	0.7258
CC	0.434185	1	0.434185	0.17	0.6933
Error total	12.4271	5	2.48542		
Total (corr.)	153.185	14			

R-cuadrada = 91.8875 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 77.285 por ciento

Error estándar del est. = 1.57652

Error absoluto medio = 0.813556

Estadístico Durbin-Watson = 2.02512 (P=0.3084)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.147954

Tabla N° 13. Análisis de Varianza para % Remoción de Cr VI Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo	133.661	1	133.661	9.14	0.0293
B:Dosis	255.38	1	255.38	17.46	0.0087
C:pH	0.28125	1	0.28125	0.02	0.8951
AA	0.789808	1	0.789808	0.05	0.8255
AB	127.69	1	127.69	8.73	0.0317
AC	0.2025	1	0.2025	0.01	0.9109
BB	40.5144	1	40.5144	2.77	0.1570
BC	7.29	1	7.29	0.50	0.5118
CC	5.42827	1	5.42827	0.37	0.5691
Error total	73.1525	5	14.6305		
Total (corr.)	647.569	14			

R-cuadrada = 88.7035 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 68.3699 por ciento

Error estándar del est. = 3.82498

Error absoluto medio = 1.90333

Estadístico Durbin-Watson = 3.08056 (P=0.9442)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.609732

La regresion multivariables figura establece que los factores A (tiempo), B(dosis) y la interaccion de BB(Dosis-Dosis) es factore que influye directamente sobre la remocion de Cr (VI) y DQO, es deir que el % de remocion de Cr (VI) y DQO.

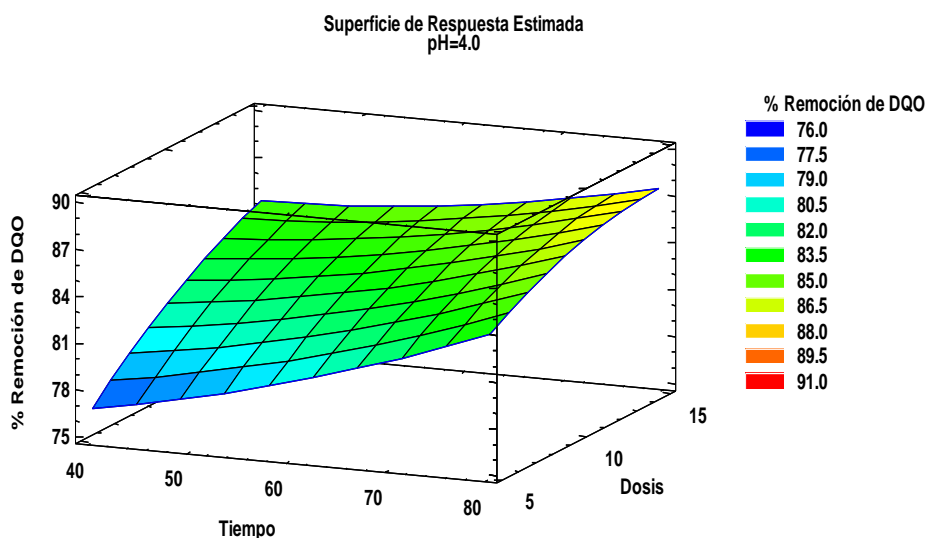


Figura N° 9. Superficie de respuesta de remoción de DQO

Fuente: Elaboración propia, 2019

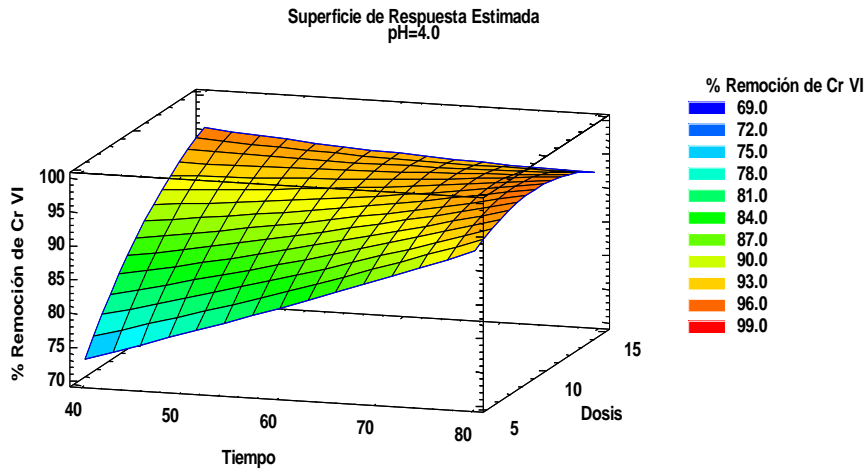


Figura N° 10. Superficie de respuesta de remoción de Cr VI
Fuente: Elaboración propia, 2019

Para desarrollar los graficos de superficie de respuesta manteniendo los dos factores de la variable de respuesta que fueron constitudos po tiempo de (40, 60 y 80) minuto y amperaje en los amperajes fijos de (3, 4 y 5) amperios según el diseño establecido.

Las graficas tridimensionales obtenidas para la eliminacion de DQO se muestra en la Fig.5 mientras que la remocion de de Cr VI se muestra en la Fig. 6. Los cuadros de superficie se realizaron con rangos de 70-100, esto demuestran el efecto de las variables en la eliminacion de DQO y Cr VI.

El Software diseña y busca optimizar el proceso, basamdoe en la tecnica de escala para alcanzar los maximos o minimos valores.

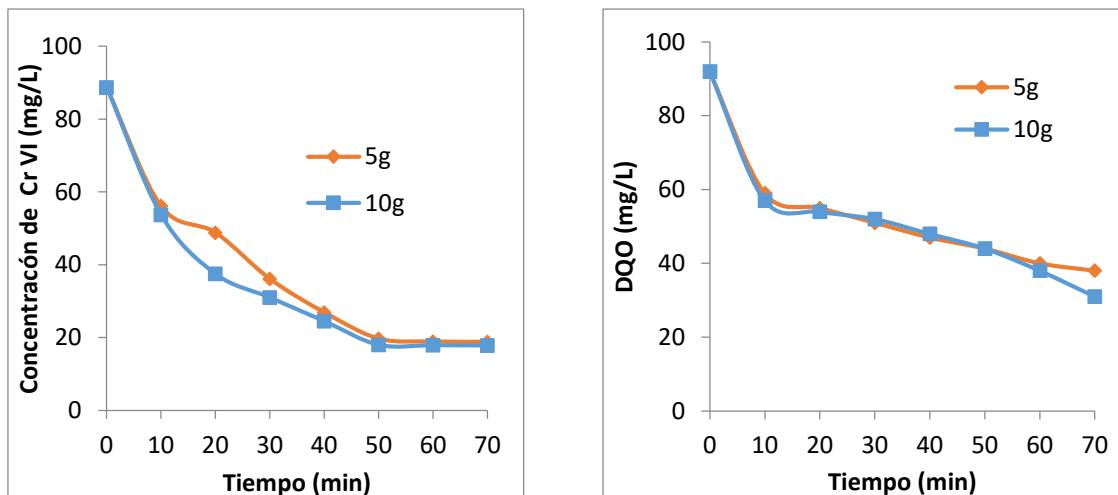


Figura N° 11. Velocidad de adsorción de Cr (VI) y DQO
Fuente: Elaboración propia, 2019

Nichela, D. 2012. Menciona que es el estudio de velocidad de las reacciones de los parámetros se realiza con la variable tiempo, en las Fig. 1-6 se muestra la comparación de la cantidad de adsorbente, las dosis fueron 5 y 10 gramos de endocarpio de coco en 1000 ml de efluente, los parámetros fueron evaluados en siete tiempos cada 10min. En la Fig. 7-8 Se tuvieron como resultado que en los tiempos de 0 – 60 min. La concentración de cromo hexavalente ha ido removida en un 80% en ambas dosis en el tiempo 7 no se obtuvo un porcentaje significativo, en el DQO con dosis de 5 y 10g en 60 min. Se removió el 58.7%, en el tiempo 7 con 10g se tuvo una remoción máxima de 66.3%.

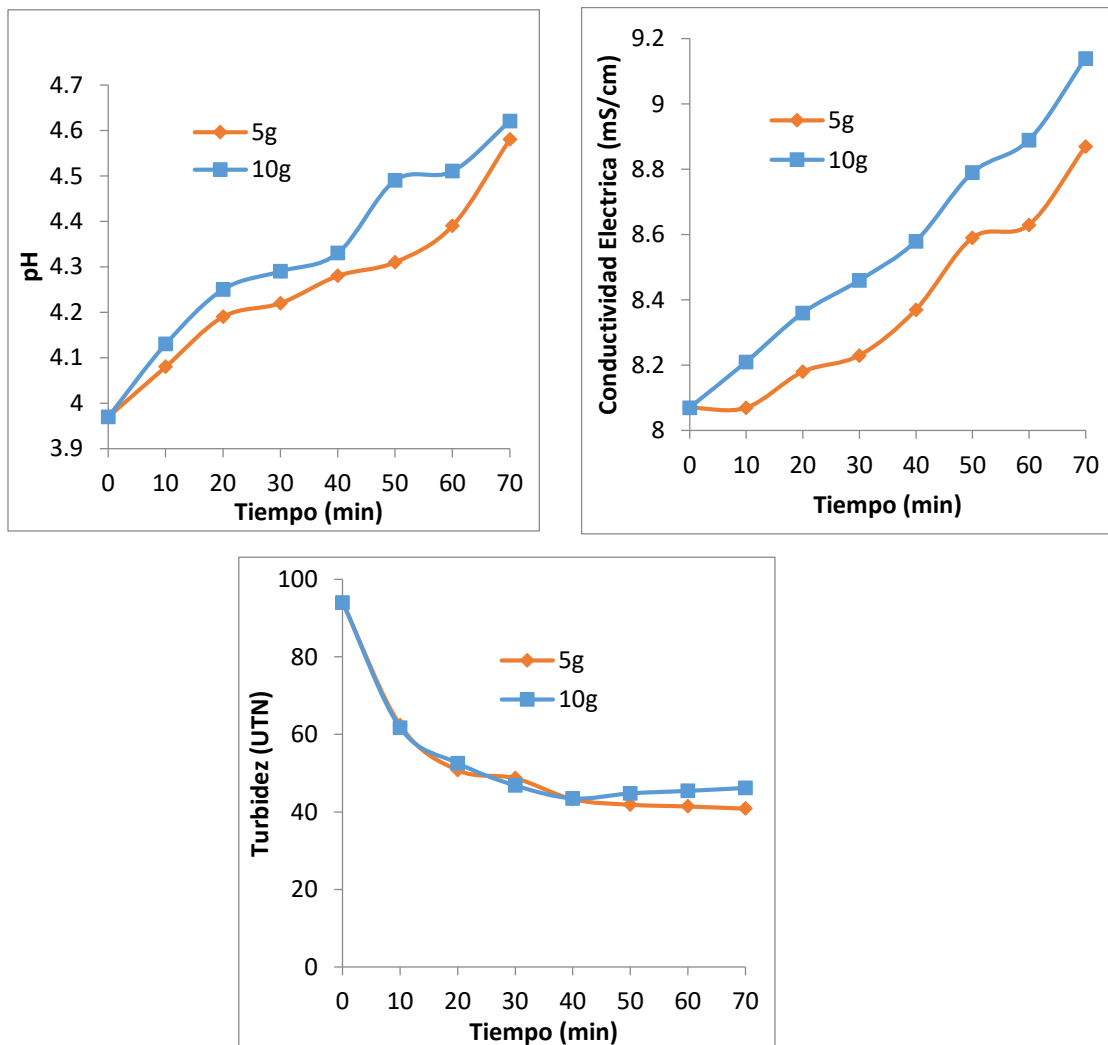


Figura N° 12. Relación del tiempo con el pH y Conductividad Eléctrica y Turbidez

En la Fig. 9-10 se observa que entre la relación del tiempo y la conductividad eléctrica, mostrando que en el aumento pH se debe al pasar el tiempo, identificando que las dosis

de carbón activado en 70 min. Tienen una relación semejante en ambas dosis. Mientras que en la CE se muestra que las diferentes dosis aumentan la concentración en un 10% y 13%.

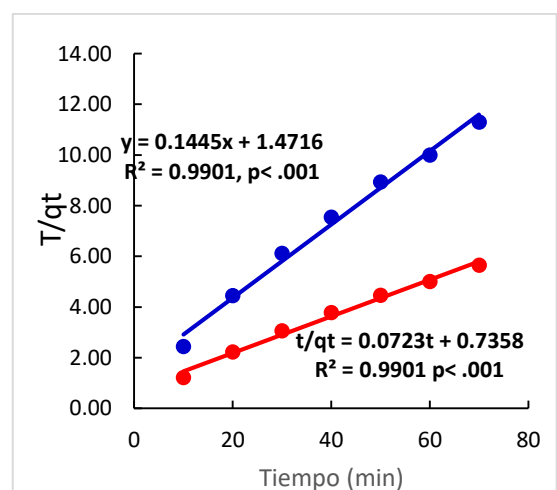
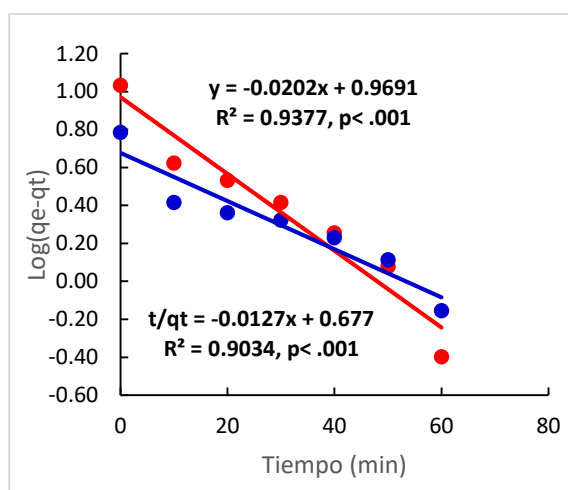
En la estadística que muestra la Fig. 11 muestra que en el parámetro de turbidez ha descendido en 40 minutos se obtuvo una remoción del 54.3% en ambas dosis, del tiempo 50-70 min la dosis de 5gramos ha mostrado una variación mínima, en cambio en la dosis de 10g en 70 min se muestra que la turbidez ha ido ascendiendo en un 3.4%.

Cinética de adsorción

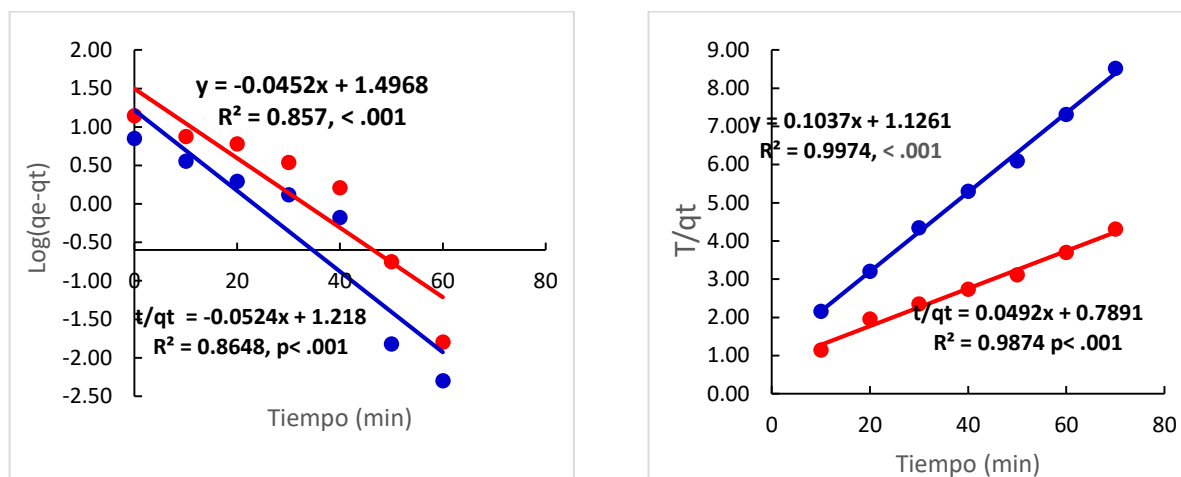
Los resultados de la cinética de reacción se calcularon en experimentos con las dosis de adsorbente de 5 y 10g en periodos de tiempo entre 10 a 700 min. En la tabla 13 se observa los resultados del ajuste correlacional y del factor R^2 de los modelos calculados respecto a la velocidad de la reacción. En general aunque los p-valor resultaron significativos en ambos casos, los de pseudo segundo orden resultaron mucho más significativos ($p < 0.001$), asociados a los mayores factores R^2 (> 0.99).

Tabla N° 14. Ajuste de los modelos cinéticos pseudo primer y segundo orden.

Dosis (g)	Pseudo primer orden				Pseudo segundo orden			
	K1 (min)	r	R ²	p	K2 (min)	r	R ²	p
5 DQO	-0.0202	0.967	0.93	<0.001	0.1445	0.995	0.99	<0.001
5 Cr VI	-0.1445	0.994	0.988	<0.001	0.0723	0.995	0.99	<0.001
10DQO	-0.0127	0.994	0.98	<0.001	0.1023	0.995	0.99	<0.001
10CrVI	-0.0723	0.995	0.99	<0.001	0.0492	0.997	0.997	<0.001



Cinética de adsorción de 5–10g DQO



Cinetica de adsorción de 5–10g Cr (VI)

Figura N° 13. *pseudo primer orden* - *pseudo segundo orden*
Fuente: Elaboración propia, 2019

En las figuras 13 se observa la distribución temporal en la adsorción de DQO y Cr VI de acuerdo con los modelos de pseudo primer y segundo orden, de acuerdo con esto las distribuciones de pseudo segundo orden resulta ser más lineales, mientras que las de pseudo primer orden presentaron una mayor dispersión reflejadas en su coeficiente de Spearman (max 1). Respecto al modelo de pseudo segundo orden, su naturaleza sería una adsorción química principal mecanismo que controló la velocidad (Colpas, Tarón, Vasquez, 2018). Se aprecia una alta velocidad de adsorción durante los 10 primeros minutos, luego se verifica un proceso de lentitud de remoción al obstaculizar los poros de la partícula, que genera el equilibrio de la adsorción.

IV. DISCUSIÓN

Se determinó las mejores condiciones operativas para el sistema de electrocoagulación (Tabla N° 6), los tratamientos realizados fueron mediante el método de Box-Bhenken teniendo un diseño de 15 tratamientos, en el tratamiento 10 se determinó que las mejores condiciones operativas fueron de 60 minutos, 5 Amperios y pH 3. Determinado que DQO inicia es de 7148 mg/L la cual se obtuvo una remoción de 66.42%. Elnakar y Buchanan (2019). El porcentaje de remoción de DQO se debe al aumentó significativamente con la duración la electrólisis en cada una de las tres densidades de corriente, indicando que la eliminación de DQO mejoró considerablemente al aumentar la densidad de corriente. (Kalyani et al., 2009 y Kobyá et al., 2003). Si bien el aumento de la densidad de corriente incrementa la cantidad de hierro disuelto, estos aumentos pueden conducir a la creación de condiciones favorables para la formación de otras especies solubles como el hidroxó férrico.

Lesaoana et al., (2019), removió un 79.23% y 81.60% Cr (VI) sin embargo estos valores los resultados obtenidos dependió de la concentración inicial de cromo y la capacidad del agua residual a tratar, sin embargo, el sistema combinado de EC + endocarpio de coco e determinó que el cromo hexavalente inicial del agua de curtiembre fue de 326 mg/L teniendo como mejor remoción en el T10 con una remoción final de 96.4%. Khan (2018). La eficiencia de eliminación de Cr (VI) incrementa al aumentar la corriente debido a la disolución anódica de acuerdo con la ley de Faraday (Hamdan, 2014; Taweel et. al., 2015). Esta se puede notar fácilmente en las gráficas tridimensionales que se muestran en la Fig. 8. (Tiempo, Amperaje & pH), las pendientes más altas fueron observado a duraciones de tiempo más altas para la eficiencia actual frente a la eliminación como se muestra en la Fig. 8. (Sengil y Mahmut, 2006), Lo que significa que la eficiencia de eliminación de Cr (VI) es más sensible a los valores actuales aplicados por períodos de tiempo más largos, a corrientes más bajas, la reducción de Cr (VI) por Fe (II) seguido de Cr (OH) es la precipitación modo de eliminación dominante, mientras que a corrientes más altas la eliminación de Cr (VI) podría ocurrir debido a reducción directa de Cr (VI) en el cátodo para formar precipitado de Cr (OH) 3 (Heidmann y Calmano, 2008). La concentración inicial de Cr (VI) también puede influir en velocidad de reacción, se ha informado en otra parte de la literatura que la tasa de eliminación por amperio es más alta al comienzo del proceso. La eficiencia de eliminación Cr (VI) fue bastante alta en el rango de pH 3 y luego disminuyó a medida que el pH cambió a alcalino. Además, la reducción del cromo del

estado hexavalente al trivalente y la solubilidad de las especies de hidróxido metálico depende del pH.

Se determina que la capacidad de adsorción mediante endocarpio de coco depende de la sorción de Cr VI con la dosis variando la cantidad de carbón activado de endocarpio de coco de 5 a 15 g por 1L, manteniendo los parámetros (pH, dosis y tiempo de contacto) teniendo como remoción final de 86.5 % y 95.7% de DQO y Cr (VI). Babel y Kurniawan, (2004). Generalmente la remoción mejora con el aumento de la dosis hasta un cierto valor de 85% de Cr (VI) y 70% de DQO en cuando la dosis es de 20g y luego no hay más aumento de la adsorción, Esto se puede explicar debido al hecho de que cuanto mayor es la dosis de adsorbente en la solución, mayor es la disponibilidad de intercambiables sitios para iones metálicos. Chandana, (2019). La capacidad de adsorción de la unidad" es un valor termodinámico, que indica la cantidad de adsorbato adsorbido por unidad de gramo del adsorbente (mg / g) en equilibrio. El de carbón activado de coco físicamente mostró mejor eficiencia que DQO del 71%. Los datos presentados en la Fig. 11-12 muestran la adsorción de Cr (VI) y DQO bajo diferentes dosis y condiciones de tiempo (con pH = de 3-5). Chwastowski., et al (2017). La adsorción de los compuestos de Cr (VI) en un sistema de baño requiere más tiempo que el Cr (III). se debe al proceso de adsorción más lento que ocurre en la superficie de los materiales orgánicos y la posibilidad de que la adsorción de Cr (VI) sea principalmente a través de una reducción a Cr (III) con el adsorbente siendo el electrón. Munagapati, (2017) los materiales pueden eliminar entre 87 y 94% de iones Cr (VI) dependiendo en la concentración inicial de las soluciones. Se puede observar que la mayor eficiencia en la eliminación de iones Cr (VI).

En las figuras 13 se observa la distribución temporal en la adsorción de DQO y Cr VI de acuerdo con los modelos de pseudo primer y segundo orden, de acuerdo con esto las distribuciones de pseudo segundo orden resulta ser más lineales, mientras que las de pseudo primer orden presentaron una mayor dispersión reflejadas en su coeficiente de Spearman (max 1). Respecto al modelo de pseudo segundo orden, su naturaleza sería una adsorción química principal mecanismo que controló la velocidad (Colpas, Tarón, Vasquez, 2018). Se aprecia una alta velocidad de adsorción durante los 10 primeros minutos, luego se verifica un proceso de lentitud de remoción al obstaculizar los poros de la partícula. Mamais, (2016), Basado en los valores de R2 determinados por regresión lineal, se puede deducir que el proceso de sorción se describe mejor por el Modelo de adsorción de Langmuir.

V. CONCLUSIONES

- Se evaluó la combinación del proceso de electrocoagulación usando electrodos de hierro y acero inoxidable y el proceso de filtración con endocarpio de coco para remover el cromo hexavalente y DQO del efluente de curtiembre. se llevaron a cabo tratamiento mediante el diseño de Box-Bhenken para determinar las mejores condiciones operativas posteriormente para el proceso de filtración, se concluye que en el tratamiento N° 10, se tiene la máxima remoción de cromo hexavalente en un 96% y 66.42% de DQO en proceso de electrocoagulación con los condiciones operativas de 60 min, 5 A con un pH 3, en el proceso de filtración se obtuvo una remoción de 94.4% Cr (VI) y un 87.7% en el DQO con las condiciones operativas de 60 min, 15g y pH 3.
- Para determinar las mejores condiciones operativas más óptimas del sistema cambiado de electrocoagulación y filtro rotatorio se aplicó la metodología de Box-Bhenken obteniendo como resultado los mejores porcentajes de remoción fueron en los tratamientos 10 teniendo una remoción máxima de Cr (VI) y DQO de 94.4% y 87.7%, teniendo una mejor eficiencia en cuanto al menor tiempo y menor gasto de energía.
- Se concluye que la capacidad máxima de remoción es de Cr (VI) y DQO, entre 5g y 10g, es de 78 y 79% en Cr (VI) y 58.7% en DQO en un tiempo de 60 minutos, identificando que el carbón activado es un adsorbente que tiene una capacidad límite.

VI. REFERENCIAS

1. AMMAR, S et al. Técnica de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de refinería en un reactor aéreo de placa dividida de circuito interno. Revista de Ingeniería Química Ambiental. [en línea] 2019. p 103489 [Fecha de consulta: 8 de abril de 2019].
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343719306128>
2. BERNADETE, M. et al. Multivariate and multiobjective optimization of tannery industry effluent treatment using Musa sp flower extract in the coagulation and flocculation process. [online].2019. p 655-666 [Fecha de consulta: 20 de Octubre de 2019]
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619304391>
3. BOX, G & BEHNKEN, D. Some New Three Level Designs for the Study of Quantitative Variables. Technometrics. [online]. 1960. vol. 7, n.spe [citado 2019-10-17], pp. 455–475.
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/00401706.1960.10489912>
4. CAMARGO J. Remoción de metales pesados presentes en aguas residuales a través del proceso de electrocoagulación, Universidad Nacional Nueva Granada. Colombia. [en línea]. 2015. N° 16pp. [Fecha de consulta: 8 de abril de 2019].
Disponible en: <http://hdl.handle.net/10654/7473>
5. COLPAS, F, TARÓN, A. & Fon, W. Adsorción de Mercurio Utilizando Carbones Activados Modificados con Peróxido de Hidrogeno y Calentamiento. Información Tecnológica, [En línea] 2016, pp 69–76. 8. [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2019]
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000500009>
6. CHEBALLAH, K., et al. Simultaneous removal of hexavalent chromium and COD from industrial wastewater by bipolar electrocoagulation. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, En línea] 2015, p 96, 94–99.
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270115300866>
7. DASHTIAN, K. et al. Ultrasonically assisted hydrothermal synthesis of activated carbon-HKUST-1-MOF hybrid for efficient simultaneous ultrasound-assisted removal of ternary organic dyes and antibacterial investigation: Taguchi optimization,

Ultrasonics Sonochemistry. [En línea], 2016. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2019]...

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417716300256>

PII: S1350-4177(16)30025-6

8. DEGHLES, A. & KURT, U. Treatment of tannery wastewater by a hybrid electrocoagulation/electrodialysis process. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification., En línea], 2016, p 43–50, 104. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S025527011630040X>

9. DEVECI, E, et al. Enhancing treatability of tannery wastewater by integrated process of electrocoagulation and fungal via using RSM in an economic perspective. [Online] (2019). [citado 2019-09-02]. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135951131930474X>

10. DONNEYS, V. et al. Electrocoagulation of indigo carmine dye solution with magnesium and AZ31 alloy anodes. [En línea], 2018. N° 258-267, pp. [Fecha de consulta: 8 de abril de 2019].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n206.71067>

ISSN 0012-7353

11. ELABBAS, S. et al. Treatment of highly concentrated tannery wastewater using electrocoagulation: Influence of the quality of aluminium used for the electrode. [En línea], 2015. Vol. 319 [Fecha de consulta: 10 de Junio de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389415303277>

PII: S0304-3894(15)30327-7

12. HUSSIN, F., Kheireddine, M., Małgorzata, A. Combined solar electrocoagulation and adsorption processes for Pb(II) removal from aqueous solution. [en línea]2019, p 107619 [Fecha de consulta: 8 de abril de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270119302570>

13. GARMA, I. Planeamiento Estratégico para la Industria Arequipeña del Calzado En línea], 2018. [Fecha de consulta: 10 de Junio de 2019].

Disponible

en:

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12430/garma_lopez_planeamiento_calzado.pdf?sequence=1&isallowed=y

14. GASEMLOO, S. et al. Response surface methodology (RSM) modeling to improve removal of Cr (VI) ions from tannery wastewater using sulfated carboxymethyl cellulose nanofilter, [En línea] ,2018. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]...
Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618331937>
PII: S0959-6526(18)33193-7
15. GILPAVAS, E. DOBROSZ-GÓMEZ, I. & GÓMEZ, M. Optimization and toxicity assessment of a combined electrocoagulation, H₂O₂/Fe²⁺/UV and activated carbon adsorption for textile wastewater treatment. [En línea], (2018). [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2019].
Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718335678>
16. GUIMARÃES, A. et al. Evaluating the reproductive toxicology of tannery effluent in male SWISS mice. [En línea], 2019. N° 1440-1452, pp. [Fecha de consulta: 7 de abril de 2019].
Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718332170>
17. INEI. Estadísticas municipales [En línea], 2016. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019].
Disponibile en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1417/libro.pdf
18. JAMSHIDI, M. et al. New ion-imprinted polymerfunctionalizedmesoporous SBA-15 for selective separation and preconcentration of Cr (iii) ions: modeling and optimization. RSC Advances. [En línea], 2015.. [Fecha de consulta: 7 de abril de 2019].
RSC: 105789-105799.
Disponibile en: [10.1039/C5RA17873H](https://doi.org/10.1039/C5RA17873H)
19. Khan, S. U., Islam, D. T., Farooqi, I. H., Ayub, S., & Basheer, F. Chromium Removal in an Electrocoagulation Column Reactor: Process Optimization using CCD, Adsorption kinetics and pH modulated Sludge formation. [Online]. (2018). .. [Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2019].
Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582018305883>
20. LESAOANA, M. et al. Influence of inorganic acid modification on Cr(VI) adsorption performance and the physicochemical properties of activated carbon. South African

Journal of Chemical Engineering. [Online]. (2019). [citado 2019-09-12]. . [Fecha de consulta: 02 de agosto de 2019].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918518300222#fig3>

21. LEGUIZAMON, J. Diseño de un mapa de procesos en una curtiembre.. [En línea], 2018. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019].

Disponible en:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17816/LeguizamonCruzLeidyJohana.pdf?sequence=5>

PII: S1026-9185(18)30022-2

22. MAHMAD, M. et al. Electrocoagulation Process by Using Aluminium and Stainless Steel Electrodes to Treat Total Chromium, Colour and Turbidity. Procedia Chemistry, [Online]. (2016). [citado 2019-09-12]. . [Fecha de consulta: 02 de agosto de 2019]...

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876619616001169>

23. MINISTERIO DEL AMBIENTE. LEY N° 28611 “Ley general del ambiente” [En línea], 2005. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2019].

Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>

24. MINISTERIO DE LA PRODUCCION. Anuario Estadístico Industrial, Myopime y Comercio Interno 2014. [En línea], 2018.

Disponible en: http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Anuario_2014.pdf

25. MINISTERIO DE VIVIENDA. Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario D.S 010-2019-VIVIENDA, Lima [En línea], 2019. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/272120-010-2019-vivienda>

26. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. Anuario estadístico de producción agrícola y ganadería, Sistema integrado de estadística agraria. [En línea], 2016. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2019].

Disponible en: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-agricola.pdf>

27. MARTINEZ, R. Investigación cuantitativa frente a cualitativa. [En línea], 2014. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2019].

28. MOLINA, N., AGUILAR, P. & CORDOVEZ, C. Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. 2010. págs. 77-99. Vol. 8.
Disponibile en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599145>
ISSN 1692-8415.
29. NUÑEZ, J. et al. Application of electrocoagulation for the efficient pollutants removal to reuse the treated wastewater in the dyeing process of the textile industry, Journal of Hazardous Materials. [En línea], 2019. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2019]...
Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389419302857?>
30. OUAISSA, Y. et al. Integration of electro coagulation and adsorption for the treatment of tannery wastewater – The case of an Algerian factory, Rouiba. Procedia Engineering . [En línea], 2012, p , 33, 98–101. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2019].
Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581201212X> }
31. R core Team. R: A Language and environment for statistical computing. [Computer Software]. Retrieved from (2018).
Disponibile en: <https://cran.r-proyect.org/>.
32. REVELLE, W. Psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and personality research. [R packape]. Retrieved from (2019).
Disponibile en: <https://cran.r-proyect.org/pakage=psych>
33. TSENG, C. LEE, I. & CHEN, Y. Evaluation of hexavalent chromium concentration in water and its health risk with a system dynamics model. 2019. N° 103–111, pp.
Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971931085>
34. The jamovi proyect. Jamovi. (Version 1.0) [Computer Software]. Retrieved from (2019).
Disponibile en: <https://www.jamovi.org>
35. VASQUEZ, V. et al. Optimización de la extracción de glucosinolatos de maca (Lepidium meyenii) por superficie de respuesta y algoritmos genéticos. Scientia Agropecuaria
Disponibile en: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.16>
36. VIADES, J. Feno for the treatment of textile wastewaters with Al or Fe electrodes: Compared variations of COD levels, turbidity and absorbance. 2009. [citado 2019-04-16]. . [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389409004634>

37. WARDROP, D. & MYERS, R. H. (1990). Some response surface designs for finding optimal conditions. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 25(1), 7–28 [online]. 1990, vol. 7, [citado 2019-10-17], pp.275-284..

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037837589090003D>

38. WEI, H., et al. Coagulation/flocculation in dewatering of sludge: A review. *Water Research* [Online]. (2018). [citado 2019-07-12]. . [Fecha de consulta: 12 de julio de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135418305724>

39. WHITEHEAD, P et al. Modelling heavy metals in the Buriganga River System, Dhaka, Bangladesh: Impacts of tannery pollution control. [en línea]2019 [Fecha de consulta: 8 de abril de 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719340677>

40. Ye, S. et al. Biological technologies for the remediation of co-contaminated soil. 2017. N° 1062-1076, pp. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019]. ZONGO, I. et al. Electrocoagulation consulta: 15 de abril de 2019].

Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1304357>

41. Ye, Z., et al. An integrated process for removal and recovery of Cr(VI) from electroplating wastewater by ion exchange and reduction–precipitation based on a silica-supported pyridine resin. [Online] 2019. [Fecha de consulta: 02 de agosto de 2017].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619324813>

VII. ANEXOS

Tabla N° 15. Matiz de operacionalización de las variables de la investigación

Sistema Combinado de Electrocoagulación y Filtro rotatorio utilizando Endocarpio de Coco (<i>Cocos nucifera</i>) para la Remoción de Cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una Curtiembre									
Problemas	Objetivo	Hipótesis	variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	
PG: ¿Cuál es la máxima remoción de cromo (VI) y DQO utilizando el sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio?	OG: Evaluar la máxima remoción de cromo (VI) y DQO mediante el sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco	HG: El sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco genera una máxima remoción de cromo (VI) y DQO	VI: Sistema combinado de electrocoagulación y Filtro rotatorio de endocarpio de coco (Coco Nucifera)	La electrocoagulación es técnica que se emplea electricidad mediante placas de metal secuencialmente para la eliminación de contaminantes en el agua ya se encuentren en suspendidas o emulsificador, esto generando la coagulación y/o floculación. (Arango, 2005 p. 50)	Las muestras de efluente del proceso de curtido serán inicialmente pre tratadas mediante una primera operación unitaria de electrocoagulación para la eliminación de cromo (VI) y materia orgánica y otros parámetros alterados por los contaminantes, utilizando placas de aluminio, seguidamente por un tratamiento complementaria mediante filtro rotatorio de endocarpio de coco (<i>Coco nucifera</i>) con la finalidad que el cromo (VI) y DQO sea removido a su totalidad, dicha investigación se desarrollara en el laboratorio de Biotecnología.	Condiciones operativas de electrocoagulación	Tiempo	Ordinal	
							Amperaje		
PE1: ¿Cuáles son las condiciones operativas de un sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco para remover el cromo (VI) y DQO?	OE1: Determinar las condiciones operativas del sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco para remover cromo (VI) y DQO	HE1: Las condiciones operativas del sistema combinación de electrocoagulación y filtro rotatorio de endocarpio de coco para remover significativamente el Cromo (VI) y DQO debe ser optimo	VD: Remoción de Cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una Curtiembre	Jimenes et al., (2017). El Filtro rotatorio de endocarpio de coco (Coco Nucifera) consiste en componentes granular activado ya que por sus características fisicoquímicas logra remover la materia orgánica y iones de cromo trivalente y hexavalente.	El porcentaje de remoción de cromo (VI) y DQO se calculó a partir de las concentraciones iniciales de los parámetros fisicoquímicos en relación a la concentración final del compuesto, dichas concentraciones se obtuvieron a partir de mediciones y pruebas de los principales parámetros involucradas en el efluente.	Parámetros operativos filtro rotatorio de endocarpio (<i>Coco nucifera</i>)	Electrodos Fe – acero inoxidable		Ordinal
							pH		
PE2 ¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre mediante la aplicación del endocarpio de coco?	OE2: Determinar la capacidad de adsorción endocarpio de coco “ <i>Cocos nucifera</i> ” en la remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre	HE2: El endocarpio de coco tiene una capacidad significativa en la remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre.	VD: Remoción de Cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una Curtiembre	Gilpavas, (2019). La remoción de cromo (VI) y DQO a partir del sistema combinado de Electrocoagulación y Filtro rotatorio de endocarpio de coco se muestra en función de la intensidad de corriente y la dosis del coagulante.	El porcentaje de remoción de cromo (VI) y DQO se calculó a partir de las concentraciones iniciales de los parámetros fisicoquímicos en relación a la concentración final del compuesto, dichas concentraciones se obtuvieron a partir de mediciones y pruebas de los principales parámetros involucradas en el efluente.	Cantidad de Cr VI y DQO removido	Tiempo	Ordinal	
							Dosis de adsorbente		
PE2 ¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre mediante la aplicación del endocarpio de coco?	OE2: Determinar la capacidad de adsorción endocarpio de coco “ <i>Cocos nucifera</i> ” en la remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre	HE2: El endocarpio de coco tiene una capacidad significativa en la remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre.	VD: Remoción de Cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una Curtiembre	Gilpavas, (2019). La remoción de cromo (VI) y DQO a partir del sistema combinado de Electrocoagulación y Filtro rotatorio de endocarpio de coco se muestra en función de la intensidad de corriente y la dosis del coagulante.	El porcentaje de remoción de cromo (VI) y DQO se calculó a partir de las concentraciones iniciales de los parámetros fisicoquímicos en relación a la concentración final del compuesto, dichas concentraciones se obtuvieron a partir de mediciones y pruebas de los principales parámetros involucradas en el efluente.	Cantidad de Cr VI y DQO removido	pH		Ordinal
							Agitación		
PE2 ¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre mediante la aplicación del endocarpio de coco?	OE2: Determinar la capacidad de adsorción endocarpio de coco “ <i>Cocos nucifera</i> ” en la remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre	HE2: El endocarpio de coco tiene una capacidad significativa en la remoción de cromo (VI) y DQO en el efluente de curtiembre.	VD: Remoción de Cromo (VI) y DQO de Efluentes emitidos por una Curtiembre	Gilpavas, (2019). La remoción de cromo (VI) y DQO a partir del sistema combinado de Electrocoagulación y Filtro rotatorio de endocarpio de coco se muestra en función de la intensidad de corriente y la dosis del coagulante.	El porcentaje de remoción de cromo (VI) y DQO se calculó a partir de las concentraciones iniciales de los parámetros fisicoquímicos en relación a la concentración final del compuesto, dichas concentraciones se obtuvieron a partir de mediciones y pruebas de los principales parámetros involucradas en el efluente.	Cantidad de Cr VI y DQO removido	% de Cr VI removido	Ordinal	
							% de DQO removido		

Anexo N° 1: TRABAJO EXPERIMENTAL

Anexo N° 1.1: Elaboración del Carbón activado de Endocarpio de Coco

A) Recolección de Materia prima (Endocarpio de Coco)



B) Pirolicación del Endocarpio de Coco prima



C) Activación de Carbón de Endocarpio de Coco



D) Sistema Combinado de Tratamiento



E) Medición de Cromo VI



F) Medición de DQO



G) Medición de Conductividad Eléctrica



Tratamiento



Anexo N° 2: INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN

Anexo N° 2.1: Ficha técnica de calibración del equipo de Colorímetro


PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10007 - 2017

EMPRESA : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.** FECHA : **10-oct 2017**
LOCAL : **Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima** TECNICO : **CHRISTIAN CONDORI**
CONTACTO : **Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES** REFERENCIA : **revisión, mantenimiento**

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
COLORIMETRO	HACH	DR890	NO INDICA	MG/L	LABORATORIO

CARACTERISTICAS DEL SERVICIO

- Desarmado de los equipo
- Limpieza interna de los componentes
- Resoldado de puntos criticos en los componentes internos
- Limpieza de partes moviles
- Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68
- Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo
- Prueba de alcance de eficiencia del equipo
- Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO EN TODA LA ESCALA DE MEDICION


Ing Christian Condori Velasquez
Tef 983468251
Asesor Comercial
www.presitecsac.com

Anexo N° 2.2: Ficha técnica de calibración del equipo de la Estufa



PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10009 - 2017

EMPRESA :	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	FECHA :	10-oct 2017
LÓCAL :	Av. Del parque n 640 Urb cantó grande S.J.L. lima	TECNICO :	CHRISTIAN CONDORI
CONTACTO :	Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES	REFERENCIA :	revision , mantenimiento

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
ESTUFA	DAF	43 LT	NO INDICA	250 C	LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO

- Desarmado de los equipo
- Limpieza interna de los componentes
- Resoldado de puntos críticos en los componentes internos
- Limpieza de partes móviles
- Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68
- Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo
- Prueba de alcance de eficiencia del equipo
- Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO DE MEDICION DENTRO DE LOS VALORES PERMITIDOS



Ing Christian Condori Velasquez
Tef 983466251
Asesor Comercial
www.presitecsac.com

Anexo N° 2.3: Ficha técnica de calibración del equipo de Incubadora



PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10018 - 2017

EMPRESA : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.** FECHA : **10-oct 2017**
 LOCAL : **Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima** TECNICO : **CHRISTIAN CONDOR**
 CONTACTO : **Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES** REFERENCIA : **revisión , mantenimiento**

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
INCUBADORA	VELP	F10400143	NO INDICA	60	LABORATORIO

CARACTERISTICAS DEL SERVICIO

- Desarmado de los equipo
- Limpieza interna de los componentes
- Resoldado de puntos críticos en los componentes internos
- Limpieza de partes móviles
- Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68
- Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo
- Prueba de alcance de eficiencia del equipo
- Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO DE MEDICION CON LOS VALORES CORRECTOS
EQUIPO OPERATIVO



Ing Christian Condori Velasquez
 Tef 983406251
 Asesor Comercial
www.presitecsac.com

Anexo N° 2.4: Ficha técnica de calibración del equipo del Oxímetro



PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10010 - 2017

EMPRESA :	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	FECHA :	10-oct 2017
LOCAL :	Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima	TECNICO :	CHRISTIAN CONDORI
CONTACTO :	Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES	REFERENCIA :	revision_mantenimiento

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
PH	HANNA	HANNA	NO INDICA	14 PH	LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO

- Desarmado de los equipo
- Limpieza interna de los componentes
- Resoldado de puntos críticos en los componentes internos
- Limpieza de partes móviles
- Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68
- Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo
- Prueba de alcance de eficiencia del equipo
- Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido




DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO DE MEDICION CON LOS VALORES DE BUFFER DENTRO DE LOS PUNTOS LINEALES DE MEDICÓN DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO



Ing Christian Condori Velasquez
Tef 983460251
[Asesor Comercial](mailto:Asesor.Comercial)
www.presitecsac.com

Anexo N° 2.5: Ficha técnica de calibración del equipo de la Balanza Analítica



PRESITEC SAC


INFORME TECNICO : N° 10028 - 2017

EMPRESA :	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	FECHA :	10-oct 2017
LOCAL :	Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima	TECNICO :	CHRISTIAN CONDOR
CONTACTO :	Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES	REFERENCIA :	reunion , mantenimiento

EQUIPO	MODELO	SERIE	CÓDIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
BALANZA ANALITICA	AES 200	858743	NO INDICA	200G	LABORATORIO

CARACTERISTICAS DEL SERVICIO


- Desarmado de los equipo
- Limpieza interna de los componentes
- Resoldado de puntos críticos en los componentes internos
- Limpieza de partes móviles
- Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68
- Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo
- Prueba de alcance de eficiencia del equipo
- Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO DE MEDICION CON LOS VALORES CORRECTOS

EQUIPO OPERATIVO



Ing Christian Condor Velasquez
Tef 983466251
Asesor Comercial
www.presitecsac.com

Anexo N° 2.6: Ficha técnica de calibración del equipo del pH



PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10021 - 2017

EMPRESA :	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	FECHA :	10-oct 2017
LOCAL :	Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima	TECNICO :	CHRISTIAN CONDOR
CONTACTO :	Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES	REFERENCIA :	revision , mantenimiento

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
OXIMETRO	HANNA	HI 9146-04	NO INDICA	80g/L	LABDRATORIO

CARACTERISTICAS DEL SERVICIO

- Desarmado de los equipo
- Limpieza interna de los componentes
- Resoldado de puntos criticos en los componentes internos
- Limpieza de partes moviles
- Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68
- Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo
- Prueba de alcance de eficiencia del equipo
- Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO DE MEDICION CON LOS VALORES CORRECTOS

EQUIPO OPERATIVO



Ing Christian Condor Delasquez
Tef 983466251
Asesor Comercial
www.presitecsac.com

Anexo N° 2.7: Ficha técnica de calibración del equipo de Conductímetro



PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10020 - 2017

EMPRESA : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.** FECHA : **10-oct 2017**
 LOCAL : Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima TECNICO : **CHRISTIAN CONDORI**
 CONTACTO : **Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES** REFERENCIA : *revisión , mantenimiento*

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
CONDUCTIMETRO	OAKTON	700	NO INDICA	147	LABORATORIO

CARACTERISTICAS DEL SERVICIO

- Desarmado de los equipo
- Limpeza interna de los componentes
- Resoldado de puntos criticos en los componentes internos
- Limpeza de partes móviles
- Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68
- Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo
- Prueba de alcance de eficiencia del equipo
- Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO DE MEDICION CON LOS VALORES CORRECTOS
 EQUIPO OPERATIVO



Ing Christian Condori Vilasquez
 Tef 983466251
 Asesor Comercial
www.presitecsac.com

Yo, **Rita Jaqueline Cabello Torres**, docente de la **Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental** de la **Universidad César Vallejo – Lima Este** revisor (a) de la tesis titulada:

“Sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio utilizando endocarpio de coco (*Cocos nucifera*) para la remoción de cromo (VI) y DQO de efluentes emitidos por una curtiembre”

del (de la) estudiante **Teofilo Yamir Milian Santa Cruz**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **10%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de diciembre del 2019.



Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

DNI N° 08947396

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"Sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio utilizando endocarpio de coco (*Cocos nucifera*) para la remoción de cromo (VI) y DQO de efluentes emitidos por una curtiembre"

TESIS

AUTOR

Teófilo Yamir Milian Santa Cruz (0000-0002-4645-9146)

ASESOR:

Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres (0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACION:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales



Resumen de coincidencias

10 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en Inglés (Beta)

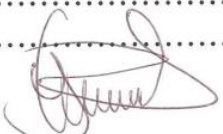
Coincidencias

- 1 repositorio.ucv.edu.pe 2 % >
Fuente de Internet
- 2 Entregado a Universida... 1 % >
Trabajo del estudiante
- 3 Entregado a Universida... 1 % >
Trabajo del estudiante
- 4 Entregado a Universida... 1 % >
Trabajo del estudiante
- 5 Entregado a Universida... 1 % >
Trabajo del estudiante
- 6 Entregado a Universida... <1 % >
Trabajo del estudiante
- 7 Entregado a Universida... <1 % >
Trabajo del estudiante
- 8 Entregado a Universida... <1 % >
Trabajo del estudiante

Yo, **Teofilo Yamir Milian Santa Cruz**, identificado con DNI N° 74637339, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **"Sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio utilizando endocarpio de coco (*Cocos nucifera*) para la remoción de cromo (VI) y DQO de efluentes emitidos por una curtiembre"**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

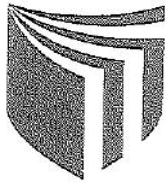


FIRMA

DNI: 74637339

FECHA: Lima, 09 de diciembre del 2019.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Teofilo Yamir Milian Santa Cruz

INFORME TITULADO:

“Sistema combinado de electrocoagulación y filtro rotatorio utilizando endocarpio de coco (*Cocos nucifera*) para la remoción de cromo (VI) y DQO de efluentes emitidos por una curtiembre”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 09 de diciembre 2019.

NOTA O MENCIÓN: 15 (QUINCE)



DR. EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN